مورفولوجيا النباتات الزهرية

«علم الشكل والتركيب في النباتات الزهرية»

تأليف

أ.د/ مصطفى صالح الحديدي

أ.د/ محمد نصر الدين هلالي   أ.د/ عرفة أحمد عرفة



مورفولوجيا النباتات الزهرية

مورفولوجيا النباتات الزهرية

«علم الشكل والتركيب في النباتات الزهرية»

تأليف

الأستاذ الدكتور/ مصطفى صالح الحديدي

أستاذ (متفرغ) علم النبات

كلية الزراعة ـ جامعة المنصورة

الأستاذ الدكتور/ محمد نصر الدين هلالي

أستاذ علم النبات

كلية الزراعة ـ جامعة المنصورة

الأستاذ الدكتور/ عرفة أحمد عرفة

أستاذ علم النبات

كلية الزراعة ـ جامعة المنصورة



ص. ب: ١٠٧٢٠ ـ الرياض: ١١٤٤٣ ـ تلكس ٤٠٣١٢٩

المملكة العربية السعودية ـ تلفون ٤٦٥٨٥٢٣ ـ ٤٦٤٧٥٣١

رقم الإيداع ٩٤/٣٦٧١

مطابع المكتب المصري الحديث
MODERN EGYPTIAN PRESS
ت : ٢٢١١٠٧١ - ٢٢١١٠٧٢ - فاكس ٢٢١١٠٧٣


بسم الله الرحمن الرحيم

المحتويات

مقدمـــــة

إن التقدم في علوم النباتات يعتبر وليد للجهود الشاقة التي بذلها العلماء الأوائل. وكان النجاح الذي حققوه ركيزة لما توصل اليه علماء العصر الحديث من اكتشافات علمية أدت الى مانحن فيه من ازدهار علمى تجنى البشرية رفاهيتها من ثماره . . . . . ورغم الحقائق العديدة التي تتضمنها حاليا علوم النبات، فلا يزال هناك العديد من البحــوث تجرى في معـاهـد العلم وهيئـات البحث العلمى لإكتشـاف أسرار حياة النباتات. وفي كل عام تضاف معارف جديدة كاشفة لغموض بعض أسرار حياتها. ولسوف تظل هذه البحوث قائمة مابقيت الحياة.

إن عالم النباتات مغطاة البذور رائع خلاب، وهي مصدر لغذاء الإنسان والحيوان. وكساء للجسم ودواء للأمراض. كما أنها مصدر للطاقة، وعديد من المنتجات التي ينعم بها الإنسان.

علم شكـل النبـات وتـركيبه Plant Morphology هو أحد العلوم الرئيسية لعلوم النبات، ازدهر في القرن العشرين، وتنوعت مجالاته، سواء الوصفية أو التشريحية أو التكـوينية وغـيرهـا، ووضعت فيهـا مؤلفـات عديدة، وأصبح لكـل منهـا علماء متخصصون. يعد هذا العلم الأساس الذي ترتكز عليه علوم النبات الأخرى، ولهذا يجب أن يلم بأساسياته كل متخصص في أى من هذه العلوم والمشتغلين في مجالاتها.

ويختص علم شكـل النبات وتركيبه بدراسة الوصف الخارجى والتركيب الداخلي للنباتات، ومعرفة التشابه والاختلاف في التركيب والنشأة، كما يشمل دراسة دورة الحياة في النباتات وما يحدث خلالها من تغيرات أو تكوينات. ولما كانت التفاصيل التركيبية الدقيقة للخلية النباتية هي مجال علم الخلية Cytology وحشد الخلايا في أنسجة وأعضاء يختص بها علم الأنسجـة Histology وتشريح النبـات، Anatomy فإنها تعتبر دعائم رئيسية لعلم مورفولوجيا النبات، وقد أضافت معارف عديدة عن تركيب النباتات.

إن دراسة دورة الحياة، تهيء طريقا لمعرفة نشأة النباتات وارتقائها والعلاقات القائمة بينها. وبالاضافة الى ماتقدم. فان علم البيئة Ecology له ارتباط بمورفولوجيا النبات،

حيث يتضمن علاقة النبات بالبيئة التي يعيش فيها والتحورات التي تحدث في تركيبه تحت ظروف بيئية مختلفة. هذه المجالات وغيرها، قـد ساهمت فـي تقـدم وتطـور علـم مورفولوجيا النبـــات .

لقد أعد هذا الكتاب لطلاب المرحلة الجامعية الأولى وطلاب الدراسات العليا في علوم النبـاتـات التطبيقية مثل المحاصيل والبساتين والغابات وأمراض النبات وتربية النبات ليكون مرجعا لهم في مجال مورفولوجيا النباتات مغطاة البذور.

ويتضمن هذا الكتاب عرضا متكاملا لمورفولوجيا النباتات مغطاة البذور، شاملا لأربعة مجالات رئيسية احتوت على (١٨) فصلا.

المجال الأول : تضمن دراسة دقيقة عن نشأة البذور والتركيب المورفولوجي لعدد منها ذات أهمية إقتصادية، وبعض التغيرات التي تحدث فيها خلال مراحل تكوينها، بالاضافة إلى إنباتها.
كما يشمل هذا المجال الوصف المورفولوجي للجذور والسيقان والأوراق والتحورات التي تحدث فيها.

المجال الثاني: في هذا المؤلف يتضمن دراسة شاملة عن تركيب الخلية النباتية طبقا لما أوضحـه المجهـر الالكترونى ، والذي أظهـر بهـا تراكيب وأعضاء صغيرة كان تركيبها الدقيق غير معروف، ومنشأ مايحيط بها من جدر ، فضلا عن تركيبها. كما تضمن هذا المجال أنواع الأنسجة المختلفة التي يتركب منها كل عضو في النبات، ودرجة التعقيد فيها. بالاضافة الى هذا المحتوى، تضمن المجال دراسة شاملة للمرستيمات في مغطاة البذور والنظريات الحديثة المرتبطة بها.

المجـال الثـالث في هذا الكتاب شمل التركيب الداخلي لأعضاء النباتات والنمو الثانوى الذي يحدث في بعض هذه الأعضاء، بالاضافة إلى العلاقة بين تركيب النباتات مغطاة البذور والماء الذي يمثل أهم عوامل التربة تأثيرا في الشكل الظاهرى والاستجابة التشريحية لأعضائها الخضرية تحت ظروف الماء.

المجـال الرابع: تضمن دراسة وافية للزهرة شاملا التركيب المورفولوجي لأجزائها الزهرية المختلفة ومكوناتها، وبصفة خاصة تراكيبها التكاثرية والصور التي توجد عليها من زهرة الى أخرى.

وتمثل الرسوم والصور التوضيحية جزءا هاما في هذا الكتاب، بهدف زيادة استيعاب القارىء لمحتوياته، أخذ بعضها من الأبحاث المنشورة للمؤلفين بالاضافة الى أخرى من مراجع حديثة.

ولقد راعى المؤلفون أن تكون غالبية النباتات موضع الدراسة ذات أهمية إقتصادية، وميسور الحصول عليها من البيئة المحيطة، فضلا عن الاهتمام بذكر الأسماء العلمية لها الى جانب الأسماء الشائعة في مصر.

ولقد أضيف إلى هذا المؤلف فصل خاص يوضح تفسيرات للمصطلحات العلمية التي جاءت فيه وأخرى غيرها لتكون بمثابة إضافة علمية مختصرة وميسورة. كما تضمن المؤلف قائمة تحوى جزءا من المراجع التي تمت الاستعانة بها في إعداده.

وكم كان يتمنى المؤلفون أن يضم هذا الكتاب مجالا إضافيا عن النورات والثمار في مغطاة البذور، غير أن هذا المجال يتطلب حيزا كبيرا لايتحمله هذا المؤلف.

ويود المؤلفون أن يقدموا خالص الشكر وعظيم التقدير الى كل يد ساهمت في إعداد هذا الكتاب، داعين الله سبحانه وتعالى أن يوفق الجميع إلى مافيه رضاه.

المؤلفـــون

الفصل الأول

النباتات مغطاة البذور THE ANGIOSPERMS

- نشأة وتكوين بذور مغطاة البذور
- التلقيح والاخصاب
- تكشف الجنين
- تكوين الاندوسبرم والبريسبرم
- التعدد الجنيني

الفصل الأول
النباتات مغطـــاة البــذور
THE ANGIOSPERMS

النباتات مغطاة البذور تعرف عادة باسم النباتات الزهرية، وهي أحدث النباتات التي عاشت على سطح الأرض وأكثرها انتشارا في جميع بقاع العالم. تعتبر مغطاة البذور حديثة النشأة مقارنة بالمجموعات النباتية الأخرى. يرى كثير من العلماء أن بداية ظهور مغـطاة البـذور ترجـع، على الأرجح الى الحقب الميسوزى Mesosoic era في العصر الجـوراسى Jurasic Period منـذ حوالى ١٥٧ مليون سنة واصبحت تسود على غيرها خلال العصر الكريتاسى Cretaceous Period وهو آخر عصور هذا الحقب، انتهى منذ حوالى ٦٠ مليون سنة. ولهذا فان الحقب الميسوزى الذي استمر حوالى ١٢٥ مليون سنة، كان مهدا للنباتات مغطاة البذور.

الحقب السينـوزى Cenozoic era أو الحقب الحـديث، الممتـد في وقتنا الحاضر، انقضى منه حوالى ٦٠ مليون سنة من تاريخ الأرض الذي يبلغ حوالى ٢٠٠ مليون سنة، يعتبر عصر النباتات مغطاة البذور والتي أخذت أنواعها العشبية تسود على غيرها، وتمثل قمة التطور في مغطاة البذور.

ولقد سادت مغطاة البذور على غيرها من مجموعات المملكة النباتية نتيجة لتكاثرها بالبذور وتكيف الغالبية العظمى لظروف بيئة الأرض.

ومغـطاة البـذور تضم حوالى ٢٠٠,٠٠٠ نوع، وهى السائدة والأكثر انتشارا في العالم، وتتباين في أشكالها وحجومها، وألوانها، وطبيعة نموها وبيئاتها التي تعيش فيها، ودورة حياتها، كما يوجد بينها اختلاف كبير في تخصص أعضائها الخضرية والتحورات التي تحدث فيها وتختلف أيضا في عدد وأنواع أجزائها الزهرية.

وتتنوع مغطاة البذور في الشكل والحجم عن أى مجموعة نباتية أخرى، فهى تضم أشجارا وشجيرات وأعشاب. تمثل الأشجار جزءا هاما منها، حيث يتراوح عددها بين

٢٠ ـ ٢٥ ألف نوع، مستديمة الخضرة أو متساقطة الأوراق. كثير من هذه الأشجار يزيد ارتفاعها عن ١٠٠ قدم، وتعتبر أشجار الكافور Euçalyptus التي تعيش في غابات استراليا أكبر الأشجار طولا حيث قد يبلغ ارتفاعها أكثر من ٤٠٠ قدم. وتتدرج هذه النباتات في الحجم حتى تصل الى الصغيرة جدا مثل نبات Wolffia (٠,٠٥ من البوصة) وعدس الماء Lemna minor الذي لايزيد طوله عن (٠,٧٥ من البوصة) وتتكون له أزهاراً وثماراً وبذوراً، والنباتات ثالوثية الطراز مثل الأعشاب المغمورة في المناطق الحارة من العائلة Podostemaceae حيث يكون النبات خيطيا أو مفلطحا.

ومعظم النباتات مغطاة البذور وسيطة Mesophytes تعيش في بيئة غير متطرفة الجفاف أو الرطوبة كما في الحقول والحدائق، وغيرها صحراوية Xerophytes تعيش تحت وطأة الجفاف الشديد والقليل منها مائى Hydrophytes يعيش إما طافيا فوق سطح الماء، أو مغمورا فيه. والغالبية العظمى من مغطاة البذور تعيش حياة مستقلة تعتمد فيها على أعضائها، وقليل منها يعيش متطفلا مثل الهالوك Orbanche والحامول Cus-cuta والدبق Viscum الذي يتطفل على أغصان الأشجار مثل التفاح Malus والحور Populus وقليل منها يكون مترمما ينتمى غالبا الى العائلة الأوركيدية Orchidaceae وبعض أنواع العائلة Burmanniaceae من ذوات الفلقة الواحدة. وهذه الأنواع الأخيرة عديمة الأوراق، ولها سيقان رهيفة وجذور، وتعيش على المواد العضوية المتحللة في الغابات القديمة. والجنس Monotropa من العائلة Pyrolaceae من ذوات الفلقتين الذي يعيش على الدبال الرطب للأخشاب له مجموع جذرى لحمى متفرع وينمو من القشرة حامل زهرى هوائي أصفر اللون، يحمل أوراق حرشفية صفرار أو قرمزية وينتهى بنورة والجذور عبارة عن التجمع المعروف باسم جذر فطر Mycorrhiza.

وتتباين مغطاة البذور في طول فترة حياتها، حيث توجد نباتات معمرة Perennials مثل الأشجار والشجيرات وبعض الأعشاب Herbs وأخرى حولية Annuals تستكمل دورة حياتها خلال عام واحد على الأكثر ويموت النبات بعد تكوين الثمار، وهناك نباتات ذات حولين Biennials تستكمل دورة حياتها في عامين ثم تموت بعد تكوين الثمار والبذور.

وتختلف طبيعة النمو في النباتات مغطاة البذور، فسيقانها غالبا قائمة وتوجد أخرى زاحفة متسلقة بوسائل مختلفة، وأحيانا تنمو جزئيا تحت سطح الأرض. وتتخصص سيقان بعض الانواع في تخزين الغذاء مثل الدرنات Tubers والكورمات Corms أو تكون متورقة مثل السفندر Ruscus أو تتحور الى أشواك صلبة Thorns كما في العاقول Alhagi أو محاليق Tendris للتسلق كما في نبات العنب Vitis.

والساق في ذوات الفلقتين تكون عادة متفرعة، تختلف في ذلك عن السيقان غير المتفرعة في النخيل Palms من ذوات الفلقة الواحدة. ومع هذا فإن طراز ساق النخيل يكـون نادرا في ذوات الفلقتين كما في شجرة البابا ظ Papaw ذات الساق القائمة غير المتفرعة وتنتهي بتاج من أوراق كبيرة، والجذور غالبا وتدية Tap roots وكثيرا ماتكون عرضية Adventitious وأحيانا تتخصص في تخزين الغذاء مثل الجزر Daucus carota والبنجـر Beta vulgaris أو التسلق مثـل حبـل المسـاكـين Hedera helix والفـانليا Vanilla planifolia.

وأوراق النبـاتات مغطاة البذور خضراء اللون عادة، وذات نصل منبسط رقيق، يتنوع شكله وتعريقه ونوع حافته من نبات الى آخر. قد تكون الورقة بسيطة أو مركبة، كما قد تتحور الى أشواك كما في الصبار Cactus أو لمحاليق مثل حمام البرج Lathyrus aphaca أو الحماية أو تخزين الغذاء وغيرها. وقد تكون الورقة ذات أذنات أو عديمة الأذنات، وقد تأخذ الأذنات صورا مختلفة.

وتتنـوع ثمار مغطاة البذور في الشكل والحجم والمنشأ وفي محتواها من البذور. قد تتكـون الثمـرة من مبيض الـزهرة فقط، وقد يدخل في تركيبها جزء آخر من الزهرة كالتخت كما في التفاح Malus sylvestris أو كأس الزهرة كما في الدورانتا Duranta. وقد تنشأ الثمرة من عدد من المبايض Ovaries في زهرة واحدة كما في الفراولة Fragaria. والثمرة في مغطاة البذور قد تكون طرية أو جافة متفتحة أو غير متفتحة. تتباين والبذور في تركيبها وشكلها ولونها وغيرها من التكوينات الظاهرية على غلافها، كما قد تكون البـذرة انـدوسـبرمية أو عديمـة الانـدوسـبرم وقـد يخزن الغـذاء في نسيج يدعى البريسبرم Perisperm.

ومن الصفات الأخرى التي تتميز بها مغطاة البذور أن البويضات Ovulus توجد داخل المبيض الذي يحيط جداره إحاطة تامة بالبويضات، يتكون من التحام حافتى أو حافات ورقة جرثومية واحدة أو أكثر. وقـد يحتـوى المبيض على بويضة واحـدة أو أكثر أو عديد منها.

ويمتد داخل أجسام النباتات مغطاة البذور جهاز وعائي يتركب من نسيجي الخشب Xylem واللحاء Phloem. يتميز الخشب في الغالبية العظمى منها بوجود وحدات انبوبية الشكل تتخصص في نقل الماء والذائبات تسمى الأوعية Vessels بالاضافة الى وحدات ناقلة أخرى تسمى القصيبات Tracheids. ويحتوي اللحاء على وحـدات ناقلـة للغـذاء تسمى الأنـابيب الغـربـالية Sieve tubes ترافقها أخرى بازنكيمية متخصصة تسمى الخلايا المرافقة Companion cells. ومع هذا، توجد إستثناءات تركيبية في هذا الشأن

حيث تكون الأوعية غائبة في عدد من عائلات مغطاة البذور مثل Trochodendraceae و Winteracea. وفي عدد من مغطاة البذور مثل جنس Reseda والشنار Platanus تكون المبايض مفتوحة والبويضات ليست مغلقة كليا بجدار المبيض.

وتصنف مغطاة البذور إلى مجموعتين، ذوات الفلقة الواحدة Monocot yledons وذوات الفلقتين Dicot yledons وهذان المصطلحان وضعا على أساس عدد الفلقات في أجنة كل منها. وتفوق النباتات ذوات الفلقتين في عدد أنواعها ذوات الفلقة الواحدة، فتضم الأولى حوالي ١٦٠ ألف نوع بينما الثانية حوالى ٤٠ ألف نوع. هاتان المجموعتان كل منهما متميزة عن الأخرى، ومع هذا هناك تشابه بينهما في بعض الصفات الخضرية والزهرية.

والجنين Embryo قد يكون مستقيما في البذرة أو مقوسا بدرجات مختلفة، كبيرا أو صغيرا، مطمورا في نسيج اختزانى يسمى الاندوسبرم Endosperm أو مالئا لفراغ البذرة. وللجنين إما فلقة واحدة طرفية أو زوج متقابل من الفلقات تكونان جانبيتين، وفي كلتا الحالتين تقوم بحماية الريشة Plumule الرهيفة في البذرة عند الانبات. ومع هذا قد توجد أحيانا فلقة ثالثة للجنين كما في الجوز Juglans أو فلقة واحدة كما في أنواع جنس Bunium والكمون Cuminum من العائلة الخيمية. وقد توجد فلقة مختزلة ثانية في أجنة بعض ذوات الفلقة الواحدة كما في جنس الكرم البرى Tamus.

وتكون البذور في ذوات الفلقتين اندوسبرمية وقليلا تكون عديمة الاندوسبرم، بينما في ذوات الفلقة الواحدة تكون اندوسبرمية باستثناء رتب عائلات معينة مثل رتبة Helobiae. وفي عائلة Scitaminaceae يكون الاندوسبرم ضئيلا أو غائبا بينما يكون البريسبرم وفيرا.

ومعظم ذوات الفلقتين يكون إنبات البذور فيها هوائيا Epigeal حيث تظهر الفلقتان فوق سطح التربة، وفي حالات قليلة يكون الإنبات أرضيا Hypogeal حيث تبقى البذرة تحت سطح التربة بداخلها فلقتى الجنين تحتويان على الغذاء. وفي جنس Peperomia من العائلة الفلفلية Piperacea تبقى إحدى الفلقتين داخل البذرة تحت سطح التربة بينما تظهر الأخرى فوق السطح. وتتميز ذوات الفلقة الواحدة عادة بان إنباتها أرضى متطابقة في ذلك مع بعض ذوات الفلقتين.

والجذير Radicle في جنين البذرة عادة ينمو مكونا مجموعا جذريا وتديا كما في كثير من ذوات الفلقتين. بينما تكون الجذور عرضية في ذوات الفلقة الواحدة نامية من قاعدة الساق.

ومن النـواحي الأخرى التي يعتمد عليها في التمييز بين النباتات ذوات الفلقتين والفلقـة الواحدة، تركيب الورقة والتركيب الوعائي لكل من الساق والجذر . فنصل الورقة في ذوات الفلقتين ذو أشكال مختلفة، فقد يكون قلبيا Cordate ، رمحيا -Lanceol ate أو ملعقيا Spatulate. كما تتنوع حافة النصل فتكون كاملة أو مسننة أو مفصصة وغيرها . والتعريق غالبا شبكى Reticulate ومع هذا توجد أنواع تعريقها متوازى كما في الـعـائلة Epacridaceae لاسيما جنس Dracophyllum. والنصـل في ذوات الفلقـة الواحدة، غالبا شريطى ينتهى بغمد قاعدى، حافته كاملة، وتعريقه متوازى Parallel. ويتسع النصل أحيانا ويصبح رمحى الشكل كما في كثير من أنواع جنس الأوركيد -Or chids ، وقد يكون النصل أكثر اتساعا ويصبح قلبى الشكل تعريقه شبكى كما في جنس Smilax والعائلة القلقاسية Araceae والعائلة Dioscoreaceae تتميز بأن أوراقها بسيطة، قلبية الشكل تعريقها شبكى راحى . وأوراق نخيل جوز الهند قد يصـل طولها إلـى حوالـى عشـرة أمتـار .

ويوجـد فروق تشريحية في الجـذور، فذوات الفلقتين تتميز بأن اقطاب الخشب، أسـاسات عـددها ٢-٤ بينمـا تكون عـديدة غالبـا في ذوات الفلقة الواحدة . وتفاصيل التركيب التشريحي للسيقان ذوات الفلقتين تكون متنوعة، وبعض هذه التفاصيل تتميز بها العائلات أو الأجناس . وتترتب الأنسجة الوعائية في الساق عادة اما في هيئة حزم وعـائية جانبية مفتوحة يتوسطها كامبيوم Cambium أو ذات جانبين حيث يوجد لحاء ابتدائي آخر داخلي، وفي ذوات الفلقة الواحدة تكون الحزم جانبية مقفولة فلا يوجد بها كامبيوم . ويعتبر غياب الكامبيوم في الحزم الوعائية من الصفات المميزة للنباتات ذات الفلقة الواحدة .

ومن ناحية أخرى، يحدث نمو ثانوى في سيقان الأشجار والشجيرات ذوات الفلقتين وأحيانـا يحدث في السيقان العشبية . الحزم الوعائية في سيقان ذوات الفلقة الواحدة تكون عادة صغيرة ومبعثرة في النسيج الأساسى كما تشاهد في القطاع العرضى، وأحيانا تكون منفصلة عن بعضها ومرتبة في هيئة حلقة أو حلقتين، كما في بعض النجيليات تحيط بتجويف وسطى . وباستثناء بعض الحالات، لايحدث نمو ثانوى في سيقان ذوات الفلقة الواحدة .

وبعض السيقـان الخشبية مثل اليوكا Yucca والدراسينا Dracaēna وأخرى غيرها يحدث نمو ثانوى نتيجة تكوين حلقة من كامبيوم خاص ينشأ عنه حزما وعائية مركزية مطمورة في نسيج ضام من خلايا بارنكيمية جدرها سميكة . تنشأ هذه الحزم خارج الحزم الوعائية الابتدائية المقفولة، وقد يستمر هذا النمو عدة سنوات .

وتتميز الغـالبية العـظمى من ذوات الفلقتين بوجود قنيبتان Bracteoles على عنق الزهرة، بينما توجد قنيبة واحدة في ذوات الفلقة الواحدة.

ومع هذا فإن أعناق أزهار كثير من أنواع العائلة الشقيقية Ranunculaceae توجد عليها قنيبة واحدة.

والأزهار في ذوات الفلقة الواحدة كثيرا ماتكون محيطاتها الزهرية خماسية الأجزاء بينما في ذوات الفلقة الواحدة تكون ثلاثية الأجزاء أو مضاعفاتها.

مما تقدم، يتضح وجود كثير من نواحي التشابه بين ذوات الفلقتين والفلقة الواحدة، رغم الاختلافات بينها ولهذا فإن عدد الفلقات فقط لايمكن الاعتماد عليه كلية لتصنيف مغطاة البذور الى ذوات الفلقتين والفلقة الواحدة، حيث يوجد أجناس كثيرة ذات فلقة واحدة ضمن ذوات الفلقتين، كما أن بعض ذوات الفلقة الواحدة بها فلقة ثانية صغيرة أثرية في أجنتها.

نشأة وتكوين بذور مغطاة البذور

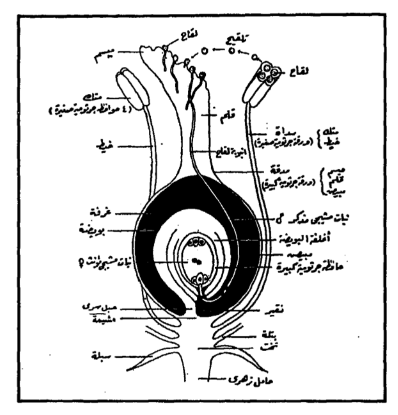
تنشأ البذرة عن بويضة مخصبة ناضجة توجد داخل مبيض الزهرة. (شكل ١). ويكون التركيب الأساسي للبذرة عادة مرتبطا بتركيب البويضة، رغم أنه قد تختفي أو تطمس بعض أجـزائهـا، كما تتكـون أحيانا، نموات إضافية. والجنين والاندوسبرم يتكـونان عادة بعد الاخصاب، ويمثلان الجزء الأكبر من البذرة. وغلاف أو غالافا البويضة ينشأ عنهما قصرة البذرة بعد حدوث تغيرات فيهما.

والمبيض Ovary قد يحتوى بداخله على بويضة واحدة كما في الذرة Zea mays أو بضع بويضـات كما في البـازلاء Pisum sativum وقـد يبلغ العدد بضع مئات كما في نبات الخشخاش Papaver somniferum.

تتصل البويضة بجزء منتفخ نوعا بجدار المبيض يسمى المشيمة Placenta بواسطة عنق يسمى الحبل السرى Funiculus الذي قد يكون قصيرا وسميكا، أو طويلا ورفيعا ومقوسا، وقد يكون غائبا. وقد يلتحم الحبل السرى مع غلاف البويضة من الخارج مكونا خطا بارزا يسمى الرافى Raphe.

وفي بعض الأجنـاس مثل Opuntia من العائلة الشوكية Cactaceae يكون الحبل السرى طويلا يحيط بالبويضة.

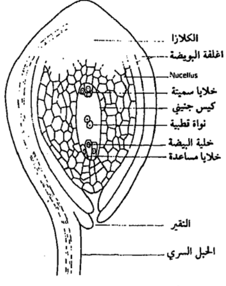
ويتركب جسم البـويضـة من نسيج بارنكيمى يسمى النيوسيلة Nucellus يحاط بغـلاف Integument واحـد كما في بعض العـائـلات ذوات الفلقتين مثـل العـائلة الصفصـافية Salicaceae والخيمية Apiaceae والقلقاسية Araceae. وفي ذوات الفلقة



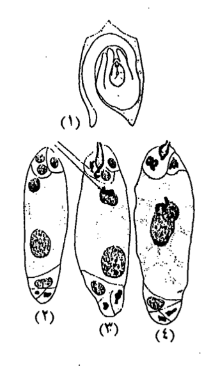
(شكل ١): رسم تخطيطى لقطاع طولى في زهرة.
الأجزاء موضحة بالمصطلحات العلمية على الرسم

الواحدة ومعظم ذوات الفلقتين التي تكون أزهارها ذات بتلات سائبة يوجد غلافان للبويضة أحدهما خارجى والاخر داخلى. وفي بعض العائلات، مثل الفلفلية Piperaceae يوجد غلافان للبويضة في بعض الأجناس مثل جنس Piper بينما يوجد غلاف واحد في جنس Peperomia. وفي بعض الأحيان، لايوجد غلاف للنيوسيلة فتصبح البويضة عارية، كما في قليل من النباتات ذات الفلقتين مثل العائلة الصندلية Santalaceae وعائلة Bolanophoraceae والتي قد تختزل فيها البويضة الى كيس جنيني فقط. في بعض أجناس ذوات الفلقتين يوجد غطاء خارجى لحمى سميك في هيئة غلاف ثالث يسمى Aril يمثل تحورا في بشرة الغلاف الخارجى للبويضة أو تضخما في الكلازا Chlaza أو الجزء الطرفى للحبل السرى أو السرة. والبويضة في أنواع جنس Acacia والرمان Punica والطماطم Lycopersicon والمانوليا Magnolia تعتبر مثالا لهذا الغلاف.

وحينما يوجد غلافان للبويضة (شكل ٢أ، ب)، عادة يكون الغلاف الخارجي أكثر سمكا من الداخلى ويحيط به ويمتد قليلا فوقه. وأحيانا، يبرز الغلاف الداخلى متجاوزا



(شكل ٢أ): قطاع طولى في بويضة منعكسة يوضح تركيبها التفصيلى.



(شكل ٢ ب): البويضة والكيس الجنيني قبل وبعد الاخصاب
(١) الشكل العام لبويضة Plumbago capensis
(٢-٤) الكيس الجنيني في Lilium martagon قبل وبعد الاخصاب.

الخارجى كما في العائلة القشطية Anonaceae. وفي بعض النباتات ينمو غلافا البويضة نموا زائدا قد يؤدى الى غلق النقير، وفي أخرّى لايصلا الى قمة النيوسيلة. ويتروواح عدد الطبقات الخلوية في غلافى البويضة بين ٢-١٠ وقد يزيد قليلا عن ذلك. وعادة يلتحم غلافي البويضة معا ومع النيوسيلة لمسافات مختلفة.

ويحيط الغلاف أو الغلافين بالنيوسيلة فيما عدا ممر ضيق يسمى النقير Micropyle. والجزء القاعدى من البويضة الذي تندمج عنده النيوسيلة في غلافى البويضة يسمى الكلازا Chlaza.

وقد يتضخم الجزء الطرفى من غلاف البويضة الخارجى الذي يعلو النقير مكونا تركيبا من خلايا بارنكيمية يسمى Obturator كما في كثير من نباتات العائلة الوردية Rosaceae مثل جنس Pyrus وجنس Prunus ربما يساعد في توجيه أنبوبة اللقاح عند عملية الاخصاب.

وفي كثير من النباتات، كما في العائلة الوردية، تصبح خلايا البشرة الداخلية للغلاف الداخلى للبويضة متخصصة، تسمى الطبقة المغذية Integumentary tapetum اذا ما تحطمت النيوسيلة مبكرا، وتحيط هذه الطبقة بالكيس الجنينى Embryo sac.

وهـذه الـظاهـرة شائعـة في العائلات ملتحمة البتلات Sympetalae. وقد تتركب النيوسيلة من صف واحد أو إثنين من الخلايا كما في الخس Lactuca أو تكون متضخمة عديدة الـطبقـات كما في القـطن Gossypium حيث يبلغ ٢٠-٢٥ طبقة. والنيوسيلة السميكة تكون عادة في البويضات ذات الغلافين. وعند قاعدة النيوسيلة، الملاصقة للكلازا، قد تصبح بعض الخلايا ذات جدر سميكة نوعا يترسب فيها مادة اللجنين مكونة منطقة عريضة دعامية تسمى Hypostase في هيئة طبق أو فنجان، يوقف النمو الطولى للجنين وكذلك الاندوسبرم تجاه قاعدة البويضة، ويقاوم الضغوط التي تتعرض لها البويضة خلال تكوين الجنين والاندوسبرم ويحول دون تدمير جزء النيوسيلة الذي يقع بينه وبين الكلازا. وقد تحدث تحورات في النيوسيلة عند النقير، حيث يبرز في النقير كما في بعض أفراد العائلة القرنفلية Caryophyllaceae وأحيانا تتجاوزه كما في جنس Hibiscus. وخلايا البشرة الطرفية للنيوسيلة قد تستطيل وتصبح جدرها سميكة.

وقد تمتص النيوسيلة قبل التلقيح كما في جنس Nandina وقد تصبح نسيجا اختزانيا يسمى البريسبرم Perisperm بعد الاخصاب.

وأحيانـا، تختـزل النيوسيلة بدرجـة كبـيرة في هيئة صف من خلايا البشرة كما في الأوركيد، أو في هيئة فنجان من طبقة خلوية واحدة فوق الكيس الجنيني. وقد تكون النيوسيلة من صف واحد من الخلايا تحيط بها البشرة.

ويوجد للبويضة نسيج وعائى Vascular Tissue يتصل بنظيرة في المشيمة عبر الحبل السرى وينتهى في الكلازا. وقد يتفرع هذا النسيج في منطقة الكلازا تفرعات ريشية أو يتجزأ الى بضعة أفرع، وقد تمتد بضعة أفرع في غلاف أو غلافى البويضة. وعادة يمتد النسيج الوعائي في الغلاف الخارجى للبويضة. وقد تمتد منه الى الغلاف الداخلى.

والنسيج الـوعـائي في البويضة يكون إبتدائياً من النوع الجانبي والحبل السري، بسيط التركيب. يتركب الخشب من بضعة أوعية حلزونية وحلقية التغليظ، واللحاء يكون ضئيلا جدا أو غير موجود. وينتهي إمتداد النسيج الوعائي في غلاف البويضة لحوالى منتصفة أو قريبا من نهايته. وهذا النسيج عبارة عن حزمة وعائية واحدة، وقليلا ما يتـألف من حزمتين كما في الماجنوليا Magnolia. وأغلفة البويضات ذات الأنسجة الوعائية وجدت في عدد غير قليل من أجناس بعض العائلات الكبيرة مثل المركبة As-teraceae والبقولية Leguminosae.

وقد يكون هذا النوع من الأغلفة موجودا في بعض أجناس عائلة مابينما يكون غائبا في أجناس أخـرى من نفس العـائلة. فمثـلا، في العائلة الوردية Rosaceae توجد

الانسجة الوعائية في جنس Prunus فقط بينما في العائلة الشقيقية Ranunculaceae توجد في أنواع جنس الانيمون Anemone وجنس Glaucidium. ومن ناحية أخرى، قد توجد في بعض أنواع جنس ما بينما لاتوجد في الانواع الاخرى من نفس الجنس. وهذا النوع من البويضات نادرا ما يوجد في ذوات الفلقة الواحدة مثل النخيل Palms.

ونادرا، توجد عناصر وعائية في النيوسيلة تمثلها قصيبات Tracheids صغيرة ورفيعة، تكون متناثرة أو في تجمعات صغيرة كما في الكازوارينا Casuarina.

النسيج الوعائي في البويضة عبارة عن فرع من الجهاز الوعائي للكربلة.

ويوجد بداخل النيوسيلة تركيب بيضى الشكل يسمى الكيس الجنيني Embryo Sac (شكل ٢أ، ب)، يحتوى في الغالبية العظمى من مغطاة البذور على ثمانية أنوية هي:

١ ـ ثلاث أنوية عند الطرف النقيرى يحيط بكل منها بروتوبلازم، ينشأ عنها ثلاث خلايا عارية تعرف معا باسم جهاز البيضة Egg apparatus ويضم هذا الجهاز خلية وسطية كبيرة تسمى البيضة Osphere على جانبيها خليتان مساعدتان Synergids كل منهما كمثرية الشكل تقريبا.

٢ ـ توجد نواتان في وسط الكيس الجنيني تعرفان بالنواتين القطبيتين Polar nuclei لاتحاط أى منهما بجدار خلوى. وعادة يتحدان معا لتكونا مايسمى النواة الوسطية المندمجة Definitive nucleus. وهذه النواة كبيرة لاتوجد الا في مغطاة البذور، وأحيانا تسمى النواة الثانوية Secondary nucleus.

٣ ـ الأنوية الثلاث التي توجد عند الطرف الكلازى، يحاط كل منها بسيتوبلازم وجدار خلوى تسمى الخلايا السمتية Antipodal cells. وهذه الخلايا منفصلة عن بعضها، وهى مثلثة الشكل تقريبا. وفي حالات قليلة قد يوجد أكثر من كيس جنيني كما في جنس Carpinus.

يتضح مما تقدم أن الكيس الجنيني الناضج يحتوى عند الاخصاب على جهاز البيضة، النواة الوسطية المندمجة وثلاث خلايا سمتية. هذا النوع من الكيس الجنينى الناضج يوجد في حوالى ٧٠٪ من مغطاة البذور ويعرف بالنوع العادى Normal أو طراز Polygonum.

وتوجد طرز أخرى من الكيس الجنينى الناضج، تتباين في عدد محتوياتها الخلوية (شكل ٣) ومن هذه الطرز:

١ ـ طراز Oenothera ويحتوى الكيس الجنينى على أربع أنوية four nucleate يتميز فيها بيضة ونواتان مساعدتان ونواة قطبية واحدة.

Type	Megasporogenesis			Megagametogenesis			
	Megaspore mother cell	Division I	Division II	Division III	Division IV	Division V	Mature embryo sac
Monosporic 8-nucleate Polygonum type							
Monosporic 4-nucleate Oenothera type							
Bisporic 8-nucleate Allium type							
Tetrasporic 16-nucleate Peperomia type							
Tetrasporic 16-nucleate Penaea type							
Tetrasporic 16-nucleate Drusa type							
Tetrasporic 8-nucleate Fritillaria type							
Tetrasporic 4-nucleate Plumbagella type							
Tetrasporic 8-nucleate Plumbago type							
Tetrasporic 8-nucleate Adoxa type							

(شكل ٣): الطرز المختلفة لتكوين الكيس الجنينى في مغطاة البذور

الطريقة المعتادة لتكوين الكيس الجنينى.

(أحادية الجرثومة ثمانية النوايات)

٢ ــ طراز Plumbagella ويحتوى الكيس الجنيني على أربع أنوية أيضا كما في طراز Oenothera تتميز منها البيضة ونواتان وسطيتان وخلية واحدة سمتية.

٣ ــ طراز Peperomia ويحتوى الكيس الجنيني على ١٦ نواة، توجد البيضة ونواة

واحدة مساعدة عند الطرف النقيرى ، ٨ أنوية تمثل تجمعا وسطيا ، ٦ أنوية عند الطرف الكلازى .

وترجع الاختلافات في هذه الطراز، وأخرى غيرها الى عدد الخلايا الجرثومية المؤنثة التي تشترك في تكوين الكيس الجنيني والانقسامات التي تحدث فيها.

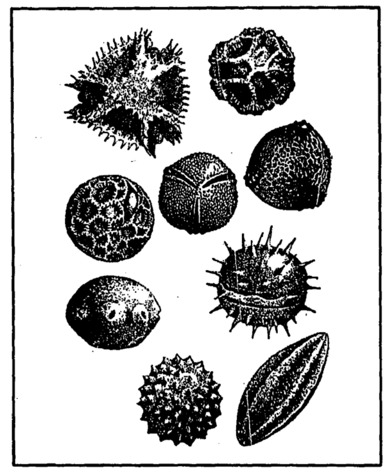
وجميع السطوح الخاصة بأجزاء البويضة تكسوها طبقة من الأدمة Cuticle من مادة الكيوتين Cutin. ولهذا من الممكن تمييز طبقة أدمة على السطح الخارجى لغلاف البويضة الخارجي وعلى الحبل السرى، وطبقة مزدوجة وسطى توجد بين الغلافين، وأخرى مزدوجة داخلية توجد بين الغلاف الداخلي والنيوسيلة.

التلقيح

لكى تتكون البذور، لابد من حدوث عمليتين الأولى منها تسمى عملية التلقيح Pollination والثانية الاخصاب Fertilization. تتضمن عملية التلقيح انتقال حبوب اللقاح من متوك Anthers الأسدية Stamens الى مياسم Stigma الكرابل Carpels في نفس الزهرة أو أزهار أخرى. ويحدث إنتقال حبوب اللقاح بوسائل مختلفة، إما بواسطة الهواء Anemophily أو بواسطة الحشرات Entomophily وقليلا مايحدث بواسطة الطيور Ornithophily أو بالماء Hydrophily كما في بعض النباتات المائية.

وحبوب اللقاح Pollen grains صفراء اللون عادة، يتراوح قطرها بين أقل من عشرة ميكرون - ٢٠٠ ميكرون أو أكثر، وحبوب القرعيات قطرها حوالى ٢٣٠ ميكرون. وحبة اللقاح غالبا كروية الشكل أو عدسية، أو مضلعة، هرمية أو مكعبة، وقد تكون خيطية كما في جنس Najas من النباتات المائية المغمورة. وتحاط الحبة بجدارين، خارجى Exine والأخر داخلى Intine. الجدار الخارجى يكون عادة مزخرفا بأشكال هندسية جميلة أو تنمو عليه أشواك دقيقة أو نتوءات متنوعة (شكل ٤) وهو مكوتن جامد، يتميز على سطحه مناطق رقيقة تسمى ثقوب الانبات Germ pores ثلاث منها عادة في ذوات الفلقتين، وواحد في الفلقة الواحدة. والجدار الخارجى يكون رقيقا من السليلوز. وحبوب لقاح النباتات المائية المغمورة مثل Zostera أو Najas كثيرا مايكون لها جدار واحد غير مكوتن.

وتتركب حبة اللقاح الناضجة من خليتين إحداهما كبيرة تسمى خلية الأنبوبة Tube cells والاخرى صغيرة عارية بدون جدار تسمى الخلية التناسلية Generative cell ترقد في جزء متميز من سيتوبلازم خلية الأنبوبة.



(شكل ٤): حبوب لقاح ذات أشكال ونقوش سطحية مختلفة

وخلية الأنبوبة يحيط بها جدار حبة اللقاح، ذات نواة واضحة النوية. والخلية التناسلية تكون عادة مغزلية الشكل أو كروية أو بيضاوية أو مفصصة، ذات نوية صغير أو غائبة. في كثير من الحالات تنقسم الخلية التناسلية قبل إنتثار حبة للقاح من المتك، فيتكون عنها مشيجتين ذكريتين وبذلك تصبح حبة اللقاح ثلاثية الأنوية Three nuc-leate وقد يحدث هذا الانقسام حينما تنتقل الخلية التناسلية الى أنبوبة اللقاح.

والمشيجة الذكرية، ذات نواة محاطة بغشاء سيتوبلازمى كثيف عدسية الشكل، بيضاوية أو دودية. والمشيجتان عادة متماثلتان في الحجم.

وتنبت حبة اللقاح بعد سقوطها على سطح الميسم، وهو الجزء الطرفى من الكربلة تحور في شكله ليتوافق مع استقبال حبوب اللقاح، وتركيبه متميز يهيىء وسطا صالحا لانبات حبوب اللقاح ونمو أنبوبة اللقاح من خلاله. والبشرة في الميسم تكون غدية خلاياها ذات محتويات بروتوبلازمية كثيفة، تكسوها طبقة أدمة رقيقة، في هيئة حلمات تفرز

سائلا ميسميا يهيىء وسطا لانبات حبة اللقاح. وقد تنشأ من خلايا البشرة شعور قصيرة أو طويلة، متفرعة أو غير متفرعة.

وحبوب اللقاح التي تسقط على الميسم، تتراكم بين الخلايا البارزة أو على سطوحها حيث تلتصق بجدرها الخشنة أو بالمواد اللزجة التي تفرزها هذه الشعور.

وإنبات حبوب اللقاح، بعد سقوطها على سطح الميسم، يحدث خلال فترة معينة تختلف من نوع لآخر. قد تنبت الحبة مباشرة بعد سقوطها كما في الذرة الرفيعة أو بعد مرور بضع دقائق كما في الذرة الشامية Zea أو بعد بضع ساعات أو يومين. ويبدأ الانبات بانتفاخ حبة اللقاح نتيجة لامتصاصها إفرازات سطح الميسم، ويتغير شكلها، ويمتد الجدار الداخلى من خلال ثقب إنبات أو أكثر أو أخدود يوجد في الجدار الخارجى لحبة اللقاح نتيجة نموه الطرفى، ويصبح أحد هذه النموات انبوبة اللقاح.

وأثناء نمو أنبوبة اللقاح تنتقل المحتويات البروتوبلازمية لخلية الأنبوبة أو معظمها الى الجزء الطرفى منها. وعادة، تسبق النواة الخضرية الأمشاج المذكرة في الأنبوبة وأحيانا، توجد قبلها. وأنبوبة اللقاح توجد دائما في الجزء الطرفى منها ويصبح منفصلا عن جزئها القاعدى بواسطة سدادت من مادة الكالوز Callose يقوم بتكوينها البروتوبلاست.

والجزء الطرفى من الأنبوبة يكون غنيا بالبروتينات والكربوهيدرات.

وعادة، تبقى نواة خلية الأنبوبة بدون انقسام، وقد تنقسم مكونة بضع أنوية كما في ورد النيل Eichhornia. وفي هذه الفترة تنقسم الخلية التناسلية، اذا لم تكن قد انقسمت في حبة اللقاح، الى مشيجتين ذكريتين، تشق أنبوبة اللقاح طريقها باستمرار زيادتها في الطول متجهة نحو المبيض بين خلايا سطح الميسم ثم خلال أنسجته وأنسجة القلم Style الذي يصل بين الميسم والمبيض. والطريق الذي تسلكه الأنبوبة من الميسم، يكون على امتداد سطح قناة القلم اذا كان مجوفا كما في جنس البنفسج Viola وزهرة الساعة Campanula أو عميقا في انسجة القلم اذا كان مصمتا.

وتتبع انبوبة اللقاح، في طريقها الى البويضة، أماكن النسيج الموصل Transmitting tissue الذي يوجد في القلم، وقد يصل إمتداده الى السطح الداخلى لجدار المبيض وحتى فوق المشيمة والحبل السرى. والنسيج الموصل يمثل وسطا غذائيا يقوم بإمداد أنبوبة اللقاح باحتياجاتها الغذائية ويوجه نموها نحو البويضة، سواء كان في القلم أو على جدار المبيض أو المشيمة أو الحبل السرى. وخلايا هذا النسيج متطاولة، غنية بالمحتويات البروتوبلازمية، وذات أنوية كبيرة. وفي كثير من النباتات مثل القرع Cucurbita والداتورا Datura يكون النسيج الموصل عديد الطبقات يكسو المشيمة، وفي أنواع معينة يوجد فوق الحبل السرى.

والقلم قد يكون مجوفا أو مصمتا. القلم المجوف يحتوى على قناة واحدة أو بضع قنوات تبعا لعدد الكرابل الملتحمة التي يكون منها متاع الزهرة. هذه القنوات تبطن من الداخل بخلايا النسيج الموصل التي قد تكون حلمية Papillose. وفي منطقة القناة، تكسى خلايا النسيج الموصل من الداخل بطبقة رقيقة من الكيوتين، وفي معظم مغطاة البذور يكون القلم مصمتا، حيث يوجد النسيج الموصل في هيئة أشرطة من خلايا متطاولة غنية بالمحتويات البروتوبلازمية. هذه الخلايا قد تتصل بالمشائم في المبيض.

وفي الاقلام المجوفة، تنمو أنبوبة اللقاح بين حلمات خلايا البشرة الداخلية للنسيج الموصل التي تحيط بالقناة، وقد تنمو على السطوح الخارجية لهذه الخلايا. بينما في الاقلام المصمتة تنمو أنابيب اللقاح فيها بين خلايا هذا النسيج. وقبل أن تخترق أنابيب اللقاح خلايا النسيج الموصل تنتفخ جدر الخلايا وتصبح مخاطية ويضعف الاتصال بينها، وتمر أنابيب اللقاح خلال هذه الجدر المخاطية والتي تقوم أيضا بهضمها. ولقد أوضحت الدراسات أن أنابيب اللقاح تحتوى على إنزيمات لتحليل المركبات البكتينية في جدر خلايا النسيج الموصل، وقد يستهلك أيضا بروتوبلاست هذه الخلايا بواسطة أنابيب اللقاح، ومع هذا قد ينكمش البروتوبلاست ويموت في كثير من النباتات.

والفترة التي يستغرقها نمو أنبوبة اللقاح ابتداء من وجودها على سطح ميسم الزهرة حتى تصل الى الكيس الجنيني تختلف أساسا تبعا لنوع النبات. وطرف الأنبوبة قد ينمو ببطء أو بسرعة، وقد يستغرق مسار الأنبوبة من سطح الميسم الى البويضة بضع ساعات أو أيام، وقد تصل الفترة الى شهور.

وفي نبات الشعير Hordeum vulgare تستغرق هذه الفترة حوالى ساعة، وفي البرسيم الحجازى Madicago sativa حوالى ٢٤ ساعة، وقد تصل الى بضعة أيام أو أسابيع، أو ٣ - ٦ شهور كما في العائلة الأوركيدية Orchidaceae حيث يتم التلقيح في فترة لاتكون فيها البويضات قد تكتشفت بعد مما ينبه المبيض ويزداد في الحجم وتنشأ المشائم ويتكون منها عديد من البويضات المنعكسة والمتزاحمة كما في جنس Cattleya. وفي البلوط الأسود Quercus robur قد تصل هذه الفترة الى حوالى سنة، وفي عائلة شجرة التامول Be-tulaceae تبقى أنبوبة اللقاح ساكنة عدة أشهر في نسيج القلم حتى يتم تكتشف المبيض والبويضات. والفترات القصيرة تتميز بها أزهار النباتات الحولية وتتراوح عادة بين ١٥-٤٥ دقيقة. ومتوسط استطالة أنبوبة اللقاح يبلغ حوالى ٣٤ ملليمتر في الساعة. وسرعة استطالة أنبوبة اللقاح تتأثر بالعوامل البيئية المحيطة لاسيما درجتى الحرارة والرطوبة، كما تتأثر أيضا بمدى التوافق الفسيولوجى بين الانبوبة والمتاع. وإذا احتوى

المبيض على بويضة واحدة، كانت أنبوبة لقاح واحدة كافية للأخصاب، أما اذا زاد عدد البـويضات فإن أنبوبة واحدة تكون كافية لكل بويضة. وقد تتكون أكثر من أنبوبة لقاح، ومع هذا لايصل الكيس الجنيني، عادة، الا أنبوبة واحدة.

الإخصاب FERTILIZATION

أهم ظاهرة في التكاثر الجنسى، هى اتحاد البيضة Osphere في الكيس الجنيني مع المشيجة المذكرة. وهذه العملية تسمى الاخصاب. تتميز النباتات مغطاة البذور بأن الكيس الجنيني في البـويضـة يحتـوى في الغالبية العظمى منها، على ثمانى أنوية وفي حالات أخـرى يحتوى على أربع أنوية أو ١٦ نواة. وفي الغالبية العظمى من مغطاة البـذور، تدخـل أنبوبة اللقاح الى البويضة عن طريق النقير Porogamic وفي بعض النباتات كما في الجوز Juglans والكازوارينا Casuarina تدخل عن طريق الكلازا Chalazogamy بعـد أن تعبر النسيج الموصل بجدار المبيض ومنه الى المشيمة والحبل السرى. وعندما تمر أنبوبة اللقاح من النقير، تصل الى قمة النيوسيلة، أما اذا كانت النيوسيلة قد امتصت، فإنها تصبـح ملاصقة لقمة الكيس الجنيني، قريبة من جهاز البيضة. وتدخل أنبوبة اللقاح الى الكيس الجنينى، بعد أن يمتص طرفه، وقد تحطم في طريقها إحدى الخليتين المساعدتين، وفي النهاية ينفجر طرفها، وتنطلق المشيجتان في سيتوبلازم الكيس الجنيني. في عدد من العائلات، مثل الوردية Rosaceae يستطيل الكيس الجنيني ويعبر قناة النقير ليلتقى بأنبوبة اللقاح في تجويف المبيض، وفي جنس الصفصـاف Salix يخترق جهـاز البيضة النيوسيلة حتى يصل الى النقير، وقد تخترق النواتان المساعدتان جدار الكيس الجنيني لتهيىء طريقا لدخول أنبوبة اللقاح.

ويحدث الاخصاب عقب تحرر المشيجتان الذكريتان في سيتوبلازم الكيس الجنيني (شكل ٢ب). تتحد إحدى المشيجتين مع البيضة فتتكون اللاقحة Zygote بينما تتحد الثانية مع النواتين القطبيتين اذا لم تكن قد اتحدتا من قبل، أو تتحد مع النواة الوسطية المنـدمجة، اذا كانت هاتان النواتان قد اتحدتا من قبل كما في كثير من العائلات مثل الـزنبقية Liliaceae والمـركبة Asteraceae والباذنجانية Solanaceae. ويتكون عن هذا الاتحاد الأخير تكوين نواة الاندوسبرم Endosperm nucleus.

وينشأ عن الزيجوت جنين البذرة، بينما نواة الاندوسبرم ينشأ عنها نسيج الاندوسبرم. واتحاد المشيجة الذكرية الأولى بالبيضة والاخرى بالنواة الوسطية المندمجة يطلق عليهما معا عملية الإخصاب المزدوج Double Fertilization ولقد اكتشفت هذه العملية التي لاتحدث الا فى مغطاة البذور بواسطة Nawashin في عام ١٨٩٨.

تكشف الجنين

بعد إنتهاء عملية الإخصاب تحدث تغيرات مختلفة داخل الكيس الجنينى، حيث تأخذ اللاقحة في التكشف إلى جنين، ونواة الاندوسبرم ينتج عنها نسيج الاندوسبرم. وتنشأ البذرة عن البويضة المخصبة، كما تتكون الثمرة عن المبيض.

ويؤدى عدم نجاح عملية التلقيح الى جفاف الكرابل وسقوطها وبالتالي الى عدم تكون البذور والثمار. ويبدو أن الأوكسينات Auxins في حبوب اللقاح وأنابيبها تكون كافية لتكوين الثمار بعد التلقيح والاخصاب.

ولقد أوضحت الدراسة أن الاندوسبرم، في عدد من العائلات ملتحمة البتلات تنشأ عن ممصات Haustoria تنفذ خارج الكيس الجنيني بحثا عن الغذاء لامداد الجنين المتكون عن اللاقحة بالغذاء، وقد يصل امتدادها حتى غلاف البويضة أو الحبل السرى والمشيمة. وفي كثير من هذه الحالات، يوجد نسيج غذائى خاص في منطقة الكلازا بالبويضة تتصل به هذه الممصات. وفي بعض انواع العائلة البشنينية Nym-phaeaceae تنقسم نواة الاندوسبرم الى نواتين بجدار عرضى يقسم الكيس الجنيني الى جزئين، الجزء العلوى ينشأ عنه نسيج الاندوسبرم بينما السفلى ينشأ عنه ممص أنبوبى طويل يصل الى الطرف الكلازى ويقوم بامتصاص الغذاء للجنين المتكشف.

ومن المعروف أن الخلايا السمتية Antipodal Cells ليس لها دور في التطورات التي تحدث في الكيس الجنينى بعد الاخصاب، ومع هذا قد تبقى وتزداد في الحجم وتقوم بنشاط فسيولوجى لامداد الجنين المتكشف بالغذاء. فمثلا، في بعض أجناس عائلة نبات البن Rubiaceae تزداد واحدة من الخلايا السمتية الثلاث في الحجم بدرجة كبيرة، ويغوص طرفاها في الكتلة البروتوبلازمية الناتجة عن تحلل الخلايا الجرثومية الكبيرة الخاملة كعضو ماص يشبه الممصات الاندوسبرمية. وتزداد أهمية الخلايا السمتية بعد الاخصاب في العائلة المركبة، فمثلا في جنس Aster يتزايد عدد الخلايا السمتية الى حوالى ١٣ خلية، عديدة الأنوية، تنمو منها واحدة أو أكثر في هيئة ممص يحصل على الغذاء من النسيج الموصل المتصل بالنسيج الوعائى. وبالاضافة الى هذه الوظيفة الامتصاصية للخلايا السمتية، في عدد من أجناس العائلة القلقاسية Araceae وعدد من النجيليات، مثل الذرة الشامية، ينشأ عن انقسامات الخلايا السمتية في الجزء القاعدى من الكيس الجنيني، نسيج اختزانى تمتلىء خلاياه بالنشا يقوم بامداد الجنين المتكشف باحتياجاته من الغذاء.

ويحدث تنوع واضح في تفاصيل تكشف الجنين من اللاقحة في مغطاة البذور.

وفي حالات قليلة، كما في العائلة القلقاسية مثل جنس الزقيم Pistia وفي العائلة البشنينية Nymphaeaceae مثل جنس Nelumbo تنقسم اللاقحة، في أول الأمر، بجدار عرضي، تعقبه إنقسامات متتالية ينتج عنها كتلة كروية من الخلايا لايتميز فيها أى جزء من أجزاء الجنين، ويحدث هذا التميز في مرحلة متأخرة. وفي جنس Or-chid تنقسم اللاقحة بضعة إنقسامات لتتكون كتلة كروية غير متميزة الاجزاء. وفي جنس سن الكلب Arythronium من العائلة الزنبقية Liliaceae وأجناس أخرى منها، ينشأ عن اللاقحة كتلة نسيجية يتكشف عليها بضعة أجنة.

وتوجد حالات معينة ظهر فيها أن أى خلية من خلايا الكيس الجنينى قد ينشأ عنها جنين مثل الخلايا المساعدة Synergids Cells وأيضا من الخلايا السمتية كما في جنس البصل Allium وقد ينشأ الجنين أيضا من الخلية المساعدة في جنس Euphorbia ولقد أوضحت الدراسة أيضا أنه في جنس الصندل الأبيض Santalum توجد خلية بيضة ثانية في الكيس الجنينى تمثل صفة دائمة في هذا الجنس وفي نبات Balanophora elongata ينشأ الجنين من احدى خلايا الاندوسبرم التي تتكون من الخلية القطبية العليا فقط بينما يتحطم جهاز البيضة.

هذه الحالات السابقة، وأخرى غيرها، تعتبر شاذة ولا يمكن الاعتماد عليها في تحديد الصفات المورفولوجية الحقيقية.

ويوجد تنوع واضح في تفاصيل تكشف الجنين من اللاقحة يختلف من جنس الى آخر. واللاقحة تكون محاطة بجدار رقيق، تبقى في كثير من مغطاة البذور ساكنة بدون انقسام لفترة تختلف من جنس الى آخر. فتبلغ هذه الفترة بضع ساعات، مثلا، في الأرز Oryza والخس Lactuca أو يوما كما في البرسيم الحجازى Medicago والقطن Gossypium وقد تصل الى يومين كما في الطماطم Lycopersicon.

وفي الغالبية العظمى من النباتات مغطاة البذور، تنقسم اللاقحة نوويا وخلويا بجدار عرضى فتنشأ بداية جنين يتركب من خليتين، احداهما جهة الجزء الأوسط من الكيس الجنينى تسمى الخلية الطرفية Terminal Cell أو خلية الجنين Embryo Cell والأخرى جهة الطرف النقيرى Mycropylar End تسمى الخلية القاعدية Basal Cell أو خلية المعلق Suspensor Cell ونادرا، تنقسم اللاقحة بجدار طولى كما في العائلة الفلفلية Piperaceae.

وبعد الانقسام الأول للاقحة، تحدث اختلافات في مراحل التكشف التالية. وغالبا، تنقسم كل من الخلية الطرفية (خلية الجنين) والخلية القاعدية (خلية المعلق) بجدار عرضى كما في القمح Triticum والطماطم Lycopersicon والكتان Linum.

والبنجر Beta فينشأ جنين خيطى الشكل يتركب من صف طولى من أربع خلايا.

وفي حالات أخرى، تنقسم الخلية الطرفية رأسيا، بينما القاعدية تنقسم عرضيا كما في البصل Allium والخس Lactuca وتبعا لذلك، ينشأ جنين أولى على شكل حرف T مقلوبة. وفي حالات أخرى، كما في العائلة القرنفلية Caryophyllaceae تبقى الخلية القاعدية بدون انقسام وتزداد في الحجم لينشأ عنها تركيب يسمى المعلق Suspensor، يختلف في الشكل والحجم والمنشأ باختلاف العائلة النباتية. وقد تختلف في نفس العائلة كما في Orchid. ويتراوح تركيب المعلق فيما بين خلية واحدة كبيرة الحجم Unicellular suspensor ويضع خلايا عندما يكون خيطيا Filamentous suspensor رفيعا كما في عائلة نبات البن Rubiaceae. وقد يكون المعلق متضخما Massive عديد الخلايا كما في الذرة الشامية Zea والبازلاء Pisum وأبو خنجر Tropaeolum. بالاضافة إلى التباين السابق في صور المعلق، فإنه في العائلة الأوركيدية Orchidaceae ينشأ في المعلق ممصات جانبية تخترق النيوسيلة وأغلفة البويضة لامتصاص غذاء الجنين، وقد تكون الممصات طويلة تمر من النقير وتصل الى المشيمة لتحصل منها على الغذاء اللازم للجنين. وفي نبات Dicreae تتسع الخلية القاعدية للمعلق وينشأ عنها عدة أفرع ممّاصية تنمو بين غلافي البويضة، وأحيانا تستطيل خلايا المعلق القاعدية وتصبح منتفخة بدرجة كبيرة كما في الفاصوليا Phaseolus وهذه الخلايا الكبيرة Giant Cells يوجد بها بلاستيدات غير ملونة ذات أشكال متنوعة.

وفي جنس Erythrina يكون المعلق طويلا مغزلى الشكل، قد تنفصل بعض خلاياه وتبقى في الطرف النقيرى للكيس الجنينى. وربما يكون أطول معلق في مغطاة البذور موجودا في العائلة Loranthaceae. ويبلغ طول المعلق في Tropaeolum عدة ملليمترات.

ومن الملاحظ أن بعض أجناس العائلة الاوركيدية مثل Epipactis تخلو من المعلق، بينما يوجد في أجناس أخرى فضلا عن تنوع تركيبه. ولايوجد المعلق في العائلة القلقاسية Araceae والطلحية Mimosaceae وممصات المعلق توجد عادة في بعض العائلات مثل الشطرنجية Fumariaceae وعائلة أبو خنجر Tropaeolaceae والفراشية Fabaceae والعائلة Trapaceae. وهذه الممصات Haustoria تتكون حيث يكون الاندوسبرم مختزلا أو غير موجود كليا.

ولقد أوضحت الدراسات الحديثة أن وظيفة المعلق لاتتركز فقط في دفع الجنين داخل الاندوسبرم، وانما اتضح أن خلاياه تقوم بتكوين المواد الغذائية ومواد النمو التي تساعد الجنين في التكشف. وربما يكون هناك انتقال للهرمونات من المعلق الى الجنين المتكشف، الأمر الذي يجعل من الممكن اشتراكها في عمليات تكشف الجنين. وخلايا

المعلق ذات صفات تشبه صفات الخلايا الافرازية. وتحتوى خلايا المعلق على سيتوبلازم كثيف ومقدار غير قليل من الشبكة الاندوبلازمية، كما تحتوى أيضا على الديكتيوسومات والريبوسومات والعديد من الميتوكوندريا المرتبطة بامداد الخلايا بالطاقة اللازمة لامتصاص الذائبات ونقلها الى الجنين.

وهذا الامداد الغذائي يساعد في نقله خيوط البلازموديزماتا Plasmodesmata التي توجد في الجدر بين خلايا المعلق. ولاتوجد روابط بلازمية بين خلايا المعلق وخلايا الاندوسبرم المحيطة. بينما يمتد في جدر خلايا المعلق الملاصقة للجنين روابط بلازمية كثيرة. ويبدو أن المعلق، في معظم الحالات، ينمو بسرعة عندما ينتقل الجنين من المرحلة الكروية Globular الى الشكل القلبى Heart Shaped ويأخذ في الانحلال ويتلاشى مع نضج الجنين.

وتتميز مغطاة البذور بأن الجنين فيها ينشأ من الخلية الطرفية والخلايا الناتجة عن انقساماتها المتتالية الطولية والمحيطية والقطرية، وقد تشترك معها الخلية القاعدية في تكوينه كما في معظم نباتات العائلة المركبة Asteraceae. وفي بعض النباتات تشترك الخلية القاعدية بمقدار ضئيل في تكوين الجنين، وفي أخرى لاتشترك اطلاقا في تكوينه. ففي البازلاء Pisum sativum مثلا، يتكشف الجنين عن النسل الناتج من انقسامات الخلية الطرفية للجنين رباعى الخلايا وبذلك لاتشترك الخلية القاعدية في تكوينه، بينما في البنجر Beta vulgaris فإن الجنين ينشأ عن انقسامات الثلاث خلايا الطرفية للجنين رباعى الخلايا، وبذلك تشترك إحدى الخليتين الناتجتين عن انقسام الخلية القاعدية في تكوينه، والخلية الأخرى ينشأ عنها المعلق. في العائلة الباذنجانية Solanaceae والقرنفلية Caryophyllaceae ينشأ الجنين عن الخلية الطرفية فقط بينما القاعدية ينشأ عنها المعلق.

والطراز الذي يمكن اعتباره، عادة، نموذجيا في تكشف الجنين في ذوات الفلقة الواحدة يتضمن تكوين الجنين من الخلية الطرفية الناتجة عن الانقسام الأول للاقحة بينما القاعدية فانها لاتنقسم وينشأ عنها المعلق، والخلية الطرفية تنقسم الى خليتين، القمية منها تنقسم عدة انقسامات متنوعة وتنشأ عنها الفلقة. والخلية الوسطى أى الثانية، نتيجة لانقساماتها ينشأ عنها قمة الساق، وهى جانبية، والسويقة تحت الفلقية وطرف الجذر. بينما الخلية القاعدية ينشأ عنها المعلق.

والطراز الذي يمكن اعتباره، عادة، نموذجيا في تكشف جنين في ذوات الفلقتين يتضح فيه انقسام اللاقحة عرضيا الى خليتين. الخلية القمية الناتجة عن انقسام اللاقحة تنقسم عرضيا كما في ذوات الفلقة الواحدة.

والجزء الأكبر من الجنين الذي يتألف من قمة الساق، وهي طرفية، عبارة عن زوج

من الفلقـات جانبيتـان؛ السـويقة السفلى، وأنسجة الجذر الداخلية تنشأ جميعها من الخلية القمية. بينما الخلية الوسطى ينشأ عنها صف واحد من الخلايا تكون متصلة بخلية المعلق (الخلية القاعدية).

والخليـة السفلى لهذا الصف الملاصقـة للجنين والتي تسمـى Hypophesis ينشأ عنها الجزء الطرفى من الجذر.

والجنين الأولى Proembryo ينشأ عادة من انقسامات تحدث في الخلية القمية، أو في هذه الخلية والأخـرى تحت القميـة Sub-apical. وبـاستمرار الانقسامات في مستويات مختلفة ينشأ تركيب عديد الخلايا يختلف شكله من جنس الى آخر، فقد يكون بيضاويا أو بيضاويا مقلوبا، وقد يكون كمثريا Pyriform منبسطـا، أو عاموديا، وكثيرا مايبقى المعلـق كتركيب أثـرى.

وقد يحدث تكشف أجزاء الجنين، محور الجنين والفلقة أو الفلقتين، مباشرة باستمرار النمو، أو تحدث فترة يتوقف النمو خلالها قبل استكمال تكوين الجنين.

مما سبق يتضـح تشابه المراحل الأولى التالية لطور الجنين رباعى الخلايا في كل من ذوات الفلقـة وذوات الفلقتين، أما فيما بعد ذلك، فإن كل منهما يختلف عن الآخر. والأمر الهام الذي يلاحظ في تكشف الجنين في ذوات الفلقة الواحدة هو أن الريشة تكون جانبية بينما الفلقة طرفية، في حين تكون الفلقتان جانبيتان في ذوات الفلقتين أما الريشة فتكون طرفية.

وفي عدد من العائلات مغطاة البذور، مثل بعض أجناس العائلة الشقيقية -Ranun culaceae والخشخاشية Papaveraceae والخيمية Apiaceae والأوركيدية Orchidaceae تكون أجنة البذور غير مكتملة التكوين فيها فلا يتعدى كونها تركيبا أوليا من كتلة خلـوية لايتميز فيهـا أى جـزء مـن جسم الجنين، ولهـذا تسمـى الأجنة البدائية -Redumen tary embryoes.

وهـذه البذور تستكمل تكوين أجنتها، بعد نضجها، خلال فترة تتراوح بين بضعة أيام أو أسابيع أو شهور وقد تصل الى سنة. ولاتكون البذور ناضجة مورفولوجيا الا اذا كان الجنـين مكتمـل التكـوين وقادرا على تكوين بادرة. هذه الفترة تسمى فترة مابعد النضج After-ripening. واستكمال تركيب الجنين في البذرة بعد نثرها، ليس مرتبطا بنوع التربة، وإنما بوجود الماء وامتصاصه، ووجود أو غياب الضوء، وقد يتأثر أيضا بانخفاض درجـة الحـرارة. وبذور كثير من النباتات المائية تتطلب الغمر الدائم في الماء. وتستمر بذور بعض الأنواع في استكمال أجنتها بدون فترة توقف، وغيرها يظل الجنين ساكنا لفترة

قبل أن يعاود استكمال أجزائه. من الأمثلة على ذلك نبات Fumaria الذي يظل الجنين فيه ساكنا ثمانية أيام، ونبات Clematis يظل الجنين ساكنا أكثر من أسبوعين، أما لسان العصفور Fraxinum وجوز الهند Cocos فإن الجنين يحتاج الى أربع شهور، ويحتاج الـ Crocus ستة شهور، بينما يحتاج الـ Corydalis عشرة شهور، والـ Trillium حوالى سنة. وخلال هذه الفترة يزداد حجم الجنين وتستكمل أجزاؤه.

تكوين الاندوسبرم والبريسبرم

الفترة بين التلقيح والإخصاب في مغطاة البذور تتفاوت بدرجة كبيرة بين أنواع النباتات، وتتراوح بين أقل من ساعة كما في الشعير Hordeum وتصل الى حوالى سنة كما في البلوط Quercus.

وعقب الإخصاب، عادة قبل انقسام اللاقحة في الغالبية العظمى من النباتات مغطاة البذور، تبدأ نواة الاندوسبرم الناتجة عن النباتين الأبوين، إذا كان التلقيح خلطيا، أو من نفس النبات اذا كان التلقيح ذاتيا، في الانقسام الخلوى. وفي معظم النباتات، يكون الاندوسبرم متميزا قبل أن يبدأ الجنين في التكشف. وعادة تتكون نواة الاندوسبرم نتيجة لاتحاد ثلاثى Triple Fusion بين النواتين القطبيتين، أو ناتج اتحادهما، ونواة المشيجة المذكرة الثانية. نواة الاندوسبرم تأخذ في الانقسام السريع لتكوين نسيج الاندوسبرم Endosperm وهو النسيج الاختزانى الذي يمد الجنين باحتياجاته اللازمة لتكشفه. وقد يستهلك الاندوسبرم خلال مراحل تكشف الجنين فتصبح البذرة خالية منه تماما كما في العائلة المركبة Asteraceae والبقولية Leguminosae والقرعية Cucur-bitaceae فتسمى البذور في هذه الحالة البذور عديمة الاندوسبرم Non-Endospermic Seeds، وفي بعض الأنواع يكون الاندوسبرم شحيحا أو مختزلا بدرجة كبيرة كما في العائلة الصفصافية Salicaceae وعائلة شجرة الشمع Myricaceae حيث يكون الجنين محاطا بطبقة من صف واحد من الخلايا تحتوى على زيت وبروتينات.

وفي بعض البذور عديمة الاندوسبرم يكون الجنين فيها غير متميز الأجزاء كما في بعض النباتات المتطفلة مثل الهالوك Orobanche والحامول Cuscuta وبعض النباتات الرمية مثل Monotropa من العائلة Pyrolaceae وهى احدى عائلات ذوات الفلقتين.

وكثير من البذور يتبقى فيها جزء كبير من الاندوسبرم بعد نضج البذرة، يستفاد منه في امداد الجنين بالغذاء اللازم لتكوين البادرة كما في العائلة النجيلية Poaceae والنخيلية Arecaceae والباذنجانية Solanaceae والزنبقية Liliaceae.

وتسمى مثل هذه البذور بالبذور الاندوسبرمية Endospermic seeds. وخلايا

الانـدوسـبرم تحتـوى على مواد متنـوعـة مخزونـة مثـل النشـا والبزيت والبروتينات، أو الهيميسيليلوزات Hemicelluloses. ويتنوع مقدار الاندوسبرم في البذرة بالنسبة الى بقية أجزائها لاسيما الجنين.

والانـدوسبرم في الغالبية العظمى من مغطاة البذور، أنوية خلاياه ثلاثية المجموعة الكروموسومية Triploid وينشأ في الكيس الجنينى. وقليلا تكون الأنوية زوجية المجموعة الكـرومـوسومية Diploid واذا وجدت نواة قطبية واحدة في الكيس الجنينى، تتحد مع المشيجة المذكرة الثانية لتكوين نواة الاندوسبرم. وفي بعض الأنواع، تتكون عدد أنوية قطبية خلال مراحل تكشف الكيس الجنينى تتحد جميعها مع المشيجة المذكرة لتكوين نواة الاندوسبرم والتـي تصبـح حينئذ عديـدة المجموعـات الكروموسومية Polyploid.

وقـد يحدث تنوع في تركيب خلايا الاندوسبرم لاسيما السطحية منه، وقد تتنوع في وظائفها عن الداخلية. فمثلا، طبقة الأليرون Aleurone Layer التي تغلف اندوسبرم حبـوب الغـلال Cereals مثل الـذرة Zea والقمح Triticum تكون خلاياها حية، أكبر حجما من بقية خلايا الاندوسبـرم وتمتلىء بحبيبات الأليرون Aleurone grains بينما بقية خلايا الاندوسبرم تمتلىء تقريبا بحبيبات النشا. وفي بعض العائلات، مثل القرنفلية Caryophyllaceae والحماضية Polygonaceae وهما من ذوات الفلقتين، والسعدية Cyperaceae والنجيلية Poaceae وهما من ذوات الفلقة الواحدة تكون خلايا الاندوسبرم غير حيـة، باستثناء طبقة الأليرون. بينما خلايا اندوسبرم بذور الخروع Ricinus والجزر Daucus تكون حية.

وقليلا تتكـون فصـوص في الكيس الجنينى، تحتوى على أنوية حرة، قد تنمو هذه الفصوص مكونة ممصات تزود الكيس الجنينى والجنين بالمواد الغذائية. وتوجد تغيرات أخرى تحدث في شكل وتركيب الكيس الجنينى خلال تكشف نسيج الاندوسبرم.

وخلايا الاندوسبرم بارنكيمية خازنة للغذاء لاتوجد بينها مسافات بينية، وغالبا ذات جدر رقيقة. في بعض أنواع النباتات، مثل البصل Allium والجوز المقىء Strychnos nux vomeca وكشـك ألمـاظ Asparagus تكون جدر خلايا الاندوسبرم سميكة تتركب أسـاسيا من الهيميسليلوزات، وفي البلح Phoenix تكـون هذه الجـدر زائـدة السمك لدرجـة يصبـح معهـا تجويف الخلية ضيقا جدا. وفي بعض الحشائش، لاتوجد جدر خلوية في الاندوسبرم، ويكون قوامه عجينيا زيتيا.

طرز الاندوسبـــرم

أدى التنوع في طريقة تكوين الاندوسبرم في مراحله الأولى، إلى تكوين طرز مختلفة

منـه. ويوجد طرازان شائعان من الاندوسبرم في مغطاة البذور هما الاندوسبرم الخلوى والاندوسبرم غير الخلوى أو النووى (شكل ٥).

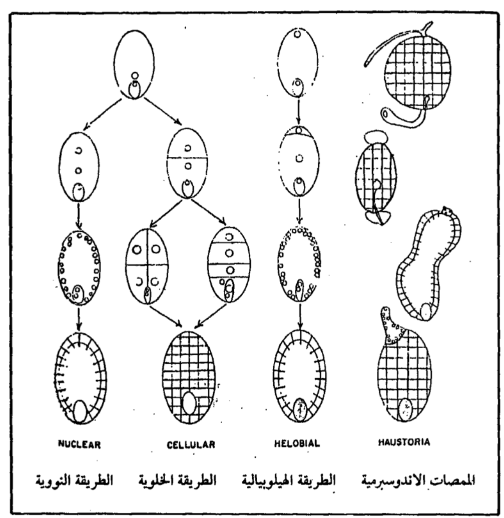
والانـــدوســـبرم الخلوى Cellular Endosperm يتميز بأن الانقســـام الأول لنـــواة الاندوسبرم، والانقسامات التالية للأنوية الناتجة يكون متبوعا بتكوين جدر خلوية بعد كل انقسام نووى مباشرة، الأمر الذي يجعل هذا الطراز خلويا منذ نشأته.

والاندوسبرم غير الخلوى Non-Cellular Endosperm يتميز بأن نواة الاندوسبرم فيه تنقسم دون تكوين جدر خلوية، سواء في الانقسام الأول أو الانقسامات التالية. الجدر الخلوية حول الأنـوية النـاتجـة تنشـأ في مرحلة متأخرة ابتداء من المنطقة المبطنة لجدار الكيس الجنينى، ويمتـد تكوين الجدر نحو الجزء الأوسط من الكيس الجنينى والذي يظل خاليا من الانـدوسبرم كما في بذور نبات جوز الهند Cocos nucifera حيث يمتلىء بعصير سكرى الطعم. وتبعا لم تقدم، فإن هذا الطراز من الاندوسبرم يكون خلويا عند نضجه.

ويوجد طراز آخر من الاندوسبرم يسمى الاندوسبرم الهليوبى Helobial Endosperm (شكل ٥) نظرا لأنه شائع الوجود في الرتّبة الهيلوبية Helobiae وهي من النباتات ذات الفلقة الواحدة، تضم سبع عائلات، نباتاتها مائية والجنين في البذور كبير، ذى سويقة تحت فلقية متضخمـة يخزن فيهـا غذاء الجنـين. هذا الطراز يمكن اعتباره وسطا بين الاندوسبرم الخلوى وغير الخلوى. والانقسام الأول لنواة الاندوسبرم يعقبه تكوين جدار عرضى يقسم الكيس الجنينى الى جزئين يكون الاندوسبرم في أحدهما، جهة الكلازا، خلويا، بينما الآخر، جهة النقير، يكون نوويا. وهذا الاندوسبرم يستهلكه الجنين خلال مراحل تكشفه، وبذلك تصبح البذرة عديمة الاندوسبرم. فمثلا، في جنس سلق الماء Potamogeton وجنس Najas يتركب الجنين من سويقة سفلى متضخمة، وجذير وفلقة تحيط قاعدتها بالريشة، وبذلك يخزن غذاء الجنين في هذه السويقة.

ويوجد طراز رابع من الاندوسبرم يسمى Rumenate Endosperm يوجد في عدد قليل من العـائـلات مثـل القشـطية Annonaceae وعـائلة نبـات البن Rubiaceae وبعض النخيلية Arecaceae. حيث يتميز هذا الاندوسبرم بوجود بروزات وأخاديد غير عميقة نتيجة لتعرجات أو انثناءات فيه، ربما نشأت عن نسيج النيوسيلة أو غلاف البويضة أو نتيجة لامتداد الاندوسبرم في صورة أخاديد حتى غلاف البويضة.

والبـذور الاندوسبرمية شائعة في عائلات النباتات ذات الفلقة الواحدة بدرجة أكبر منها في ذوات الفلقتين. وتتفاوت طبيعة الاندوسبرم في البذور، فقد يكون طريا، عجينيا أو دقيقيا، أو جامدا قرنيا خلاياه سميكة الجدر.



(شكل ٥): الطرق المختلفة لتكوين الاندوسبرم
Types of Endosperm Foundation

البريســـبرم PERISPERM

وهـو نسيج اختزانى ينشأ خارج الكيس الجنينى من النيوسيلة أو أغلفة البويضة أو كليهما معا. وقد يتركب البريسبرم من طبقة خلوية واحدة، أو كتلة خلوية تحيط بالجنين، وأحيانا تحيط بالجنـين ومـاحوله من اندوسبرم. والبريسبرم غير شائع الوجود في مغطاة البذور، ومع هذا يمثل صفة هامة لبذور بعض العائلات النباتية من ذوات الفلقتين، مثل القرنقلية Caryophylaceae والرمراميـة Chenopodiaceae والحماضية Polygonaceae. والبذور التي يوجد بها البريسبرم كنسيج اختزانى رئيسى تسمى البذور البريسبرمية Perispermic seeds. وفي بعض النباتات مثل الفلفل الأسود Piper nigrum والبشنـين Nymphaea والحبهـان Elettaria cardamomum يوجـد الانـدوسـبرم محاطا

بالبريسبرم الناتج عن النيوسيلة، بينما في بذور بنجر السكر Beta vulgaris البريسبرم يمثل النسيج الاختزانى الرئيسى بينما الاندوسبرم يكون في هيئة طبقة واحدة تحيط بالسويقة تحت الفلقية في الجنين.

وفي بعض العائلات مثل الموزية Musaceae والفلفية Piperaceae يوجد الاندوسبرم والبريسبرم معا في البذرة، بينما في حالات قليلة جدا يوجد البريسبرم فقط بدون الاندوسبرم، كما في بذور نبات حبة البركة Nigella sativa والقرنفل Dianthus.

والبريسبرم الناتج عن النيوسيلة Nucellar Perisperm غير شائع في مغطاة البذور، ويعتبر من الصفات المميزة للعائلة الفلفلية Piperaceae، حيث أن هذه الاغلفة تعتبر مناطق لتخزين غذاء الجنين. ويعتبر البريسبرم نسيجا اختزانيا اضافة للاندوسبرم الذي يقوم بنقل الغذاء من البريسبرم الى الجنين خلال مراحل نضج البذرة، ومرحلة مابعد النضج، عند الانبات لتكوين البادرة.

ويتركب البريسبرم من خلايا بارنكيمية رقيقة الجدر ممتلئة بالنشا كما في بذور الحبهان Elettaria والفلفل الأسود Piper بينما في بذرة الخروع Ricinus يكون في هيئة غشاء رقيق يحيط بالاندوسبرم يسمى الشغاف Tegmen.

يتضح مما تقدم أن كلا من الجنين والبادرة يتغذيان خلال مراحل تكشفها من أنسجة اختزانية تنشأ عن البويضة، وليس مباشرة من النبات الأم.

وإذا لم يوجد الاندوسبرم أو البريسبرم، فإن غذاء الجنين اللازم له عند الانبات لتكوين بادرة، يكون مخزنا في الفلقات كما في الفاصوليا Phaseolus والخس Lactuca أو في السويقة تحت الفلقية كما في بذور نبات مزمار الراعى Alisma plantago وسلق الماء Potamogeton، وفي بعض الأنواع، مثل الأوركيد Orchid يكون الاندوسبرم ضئيلا جدا أو غائبا. وهذه حالة خاصة في تركيب البذرة، حيث يكون الجنين غير متميز الأجزاء ومحاطا بقصرة يمثلها غشاء رقيق.

التعدد الجنينى POLYEMBRYONY

يقصد بالتعدد الجنينى تكشف أكثر من جنين واحد في البويضة الواحدة. والتعدد الجنينى قد يكون شائعا في بعض الأنواع بينما يندر وجوده في أنواع أخرى، وقد يكون ظاهرة عادية كما في جنس الموالح Citrus حيث يوجد في كل بذرة تقريبا في بعض أنواعه، وأسباب التعدد الجنينى معقدة، وفيما يلى أمثلة لبعض حالاته في مغطاة البذور:

١ ـ التعدد الجنينى الانشقاقى Cleavage Polyembryony حيث تنشق اللاقحة أو الجنين الصغير طوليا الى جزئين أو أكثر وتكشف كل جزء الى جنين متماثل تركيبيا

ووراثيا مع غيره، كما في جنس الأوركيد Orchids. وانشقاق اللاقحة يعتبر أمرا نـادرا .

٢ ـ تكوين أجنة اضافية بجانب الجنين المتكون عن اللاقحة، من احدى خلايا الكيس الجنينى مثل الخلية المساعدة كما في البصل Allium والايريس Iris أو من الخلايا السمتية كما في البصل Allium. وفي جنس العنجد Euphorbia من العائلة السوسبية Euphorbiaceae توجد بضعة أجنة ناشئة عن الخلايا السمتية والمساعدة.

٣ ـ قد تحتوى البويضة على كيسين جنينين كما في بعض أنواع جنس حورة Alnus ينتج عن البويضة في كل من الكيسين جنينا واحدا.

٤ ـ في بعض الأحيان، يحدث التعدد الجنينى نتيجة لتكوين أجنة إضافية من احدى خلايا النيوسيلة أو غلاف البويضة كما في الموالح Citrus والمانجو Mangifera ، والأجنة المتكونة عن النيوسيلة أكثر شيوعا عن الاخرى المتكونة عن غلاف البويضة، ويوجدان في عدد من ذوات الفلقتين والفلقة الواحدة.

٥ ـ في بعض أجناس العائلة الزنبقية Liliaceae مثل Erythronium تتكون كتلة نسيجية عن اللاقحة ينشأ على سطحها بضعة أجنة.

٦ ـ قد توجد بيضة ثانية، كما في نبات الصنـــدل الأبيض Santalum album ينشأ عنها جنينا ثانيا.

هذه الحالات، وأخرى غيرها، تعتبر شاذة، فلايمكن القياس عليها في تحديد الصفات المورفولوجيا الثابتة والمميزة لأى مجموعة نباتية.

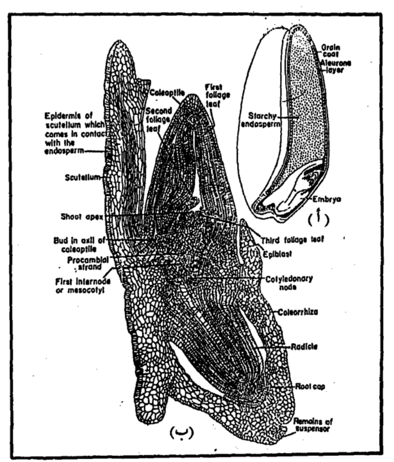
أغلفة البذرة THE SEED COATS

نتيجة للاخصاب المزدوج، بالاضافة الى تكوين الجنين والاندوسبرم، تحدث تغيرات أخرى في البويضة، فيزداد حجمها بدرجة كبيرة، وينمو غلافها أو غلافاها لتكوين غلاف البذرة المعروف باسم القصرة Testa. ويتنوع تركيب القصرة في مغطاة البذور تبعا لعدد وسمك أغلفة البويضة والتغيرات التي تحدث فيها خلال مراحل نضج البذرة. وعادة، يختزل الغلاف الداخلي وكثيرا ما يتلاشى خلال مراحل نضج البذرة، وتتكون القصرة بصفة أساسية من الغلاف الخارجي والذي قد يصبح سميكا كما في العائلة الصليبية Brassicaceae والبقولية Leguminosae. وفي حالات أخرى، في العائلة الوردية Rosaceae والسوسبية Euphorbiaceae والخبازية Malvaceae ، يشترك الغلافان في تكوين القصرة. وفي بذور العائلة الماجنولية Magnoliaceae تتكون القصرة من غلاف البويضة الداخلي ويصبح الغلاف الخارجي لحميا.

وفي الغلال Cereals يتحطم غلافا البويضة وتلتحم بقاياهما مع جدار المبيض ويتكون غلاف واحد يسمى غلاف الحبة (شكل ٦). وفي البامبو Bamboo يتبقى من غلاف البويضة طبقة واحدة من الخلايا بينها يمتص الباقي. وتوجد أنواع أخرى مثل الأوركيد Orchids والهالوك Orobanche تتركب قصرة البذرة فيها من طبقة خلوية واحدة.

وفي العائلة البقولية Leguminosae أحيانا تكون البذرة ذات حبل سرى Funiculus طويل يتكون عنه طبقة لحمية Aril خارجية.

وتنمو على القصرة زوائد معينة مثل الأجنحة Wings والأشواك Spines والشعور Hairs. وهذه الزوائد قد تكون سطحية المنشأ أو تتضمن أنسجة تحت سطحية.



شكل (٦): أ - قطاع طولى في حبة القمح بمنطقة التجويف الطولى يوضح تركيب الحبة.
ب - قطاع طولى في جنين حبة القمح يوضح تركيبه. لاحظ الأسماء العلمية للأجزاء.

الفصل الثاني

البـــذور THE SEEDS

- القصرة
- تركيب الجنين في مغطاة البذور
- التنوع في عدد فلقات الجنين
- النسيج الاختزانى في البذور
- المواد المخزونة في البذور
- الأجنة الشاذة في ذوات الفلقة الواحة .

الفصل الثاني

البــــــذور

THE SEEDS

تمثل البذور طورا هاما في حياة النباتات مغطاة البذور، فهى وسيلة تكاثرها ونقطة الابتـداء الطبيعية لها. ومن البديهى، أن دراسة هذه النباتات واكتساب المعرفة عن حياتها، تستلزم معرفة التركيب المورفولوجى لبذورها. ويمكن اعتبار البذرة بويضة Ovule مخصبة ناضجة تحتوى على جنين حى في أي من مراحل نموه، لديه غذاء مدخر يلزم لاستكمال تكوين أجزاؤه أو لاستيفاء حاجته عند الانبات.

وتتفـاوت البذور في حجومها، وغالبا البذور الكبيرة تكون مرتبطة بالأشجار بينما ترتبط الصغيرة بالنباتات العشبية بفترة نضج قصيرة.

تركيب البذور STRUCTURE OF SEEDS

تتركب البذرة في مغطاة البذور من نبت صغير جدا يسمى الجنين Embryo يكون محاطا بالقصرة Testa.

وفي كثير من البذور الناضجة، يمثل الاندوسبرم جزءا رئيسيا في البذرة، بينما توجد أخرى خالية تماما منه أو بها مقدار ضئيل منه. وقليل من البذور يوجد بها بريسبرم Perisperm مع مقدار ضئيل مـن الاندوسبرم Endosperm وأحيـانا يوجـد البريســبرم فقـط بـدون الاندوسبرم.

١ ــ القصــرة TESTA

القصرة هي غطاء البذرة، تكون رقيقة في بعض البذور مثل الفول السوداني Arachis hypogaea أو صلبة هشة سهلة التكسر كما في الخروع Ricinus communis أو جلدية مثل الفاصوليا Phaseolus vulgaris. وعموما فإن التنوع في تركيب القصرة يرجع الى صفات خاصة في البويضة لاسيما عدد وسمك الأغلفة والتغيرات التي تحدث فيها خلال مراحل نضج البذرة.

وفي كثير من البذور، تشاهد على سطح القصرة ندبة صغيرة تسمى السرة Hilum تحدد موضع انفصال الحبل السرى عن البويضة بعد نضج البذرة، كما يشاهد النقير Micropyle عادة كثقب دقيق على القصرة، وأحيانا يكون مطموسا لنمو غلافى البويضة بعد الاخصاب أو يكون محجوبا تحت نموات من القصرة كما في الترمس Lupinus termis.

وفي البذور الناتجة عن البويضات المنعكسة Anatropous ovule أو الكلوية Cam-pylotropous ovule يستطيل الحبل السرى ويلتحم جانبيا مع غلاف البويضة الخارجى ويظهر في صورة جافة رفيعة تمتد بين السرة والكلازا تسمى الرافى Raphe. وفي هذه المنطقة يمتد النسيج الوعائى للحبل السرى على جانى البويضة حتى الكلازا Chlaza حيث يتفرع منها الى غلاف البويضة.

وخلال مراحل تكوين البذرة من البويضة المخصبة تتكون كثيراً على سطح القصرة نموات تختلف في مظهرها ومنشأها. بعض البذور مثل الخروع Ricinus communis والكروتون Croton يوجد على قصرتها تركيب صغير، اسفنجى يسمى البسباسة Caruncle وفي مغطاة البذور، تنشأ البسباسة من غلاف البويضة الخارجى عند حافة النقير كما في الكتان Linum.

وفي بعض النباتات، تحاط البذور من الخارج بغطاء ثالث سميك Aril يمثل غالبا تحورات لحمية في الطبقات الخارجية لغلاف البويضة الخارجى، أو النموات اللحمية الناتجة عن الكلازا والتي تحيط كليا أو غالبا بالبويضة كما يطلق أيضا على الحبل السرى اللحمى كما في جنس Magnolia و Acacia. وفي بذرة الطماطم Lycopersicon esculen-tum تحاط القصرة بغلاف لحمى ينشأ جزئيا من بشرة غلاف البويضة أما معظمة فنيشأ من المشيمة.

ويطلق أحيانا مصطلح غلاف ثالث Third integument على الطبقة الداخلية من الغلاف الداخلى اذا كانت متحجرة، أو في صورة خلايا تشبه القصيبات.

وفي بعض النباتات، تنشأ على سطح القصرة شعور غالبا وحيدة الخلية تختلف في عددها وشكلها وسمك الجدار وتوزيعها. ففي بذور القطن مثلا تغطى سطح البذرة بشعور كثيفة تنشأ من بشرة غلاف البويضة الخارجى، وفي بذور الصفصاف Salix توجد خصلة من شعور رقيقة تنشأ من السرة تساعد في انتشار البذرة. وفي بذور حشيشة القمر Lunaria annua من العائلة الصليبية Brassicaceae تمتد القصرة في صورة جناح على هيئة ثنية غشائية. وأحيانا، تنمو أشواك صغيرة من سطح القصرة. هذه التراكيب عبارة عن تحورات لخلايا بشرة غلاف البويضة وربما اشتركت طبقة أو أكثر من تحت البشرة في تكوينها.

وتتميز القصرة في العـائلة البقولية Leguminosae بوجود شق Fissure يمتد بطول السرة ويعمل كصمام يتسع حينما تقل الرطوبة في الجو ويضيق بزيادتها، وبذلك يحافظ على استمرار جفاف جنين البذرة، ويبطن الشق بخلايا ذات جدر سميكة ملجننة. وتقوم القصرة بحماية محتويات البذرة من الجفاف والطفيليات ومن الاحتكاكات التي تتعرض لها نتيجة لعمليات حصادها وتعبئتها. وقد يكون الغلاف الخارجي هو الجزء الواقى للبذرة، وفي حالات أخرى يبقى غلافا البويضة ويكونا معا الجهاز الواقى للبذرة كما في العائلة الوردية Rosaceae.

وقـد ينمـو الغلاف الخارجي نموا واضحا وتظهر فيه طبقات واقية، اما الداخلي فلا يحدث فيه أى تخصص رغم تعدد طبقاته كما في بذور العائلة الصليبية Brassicaceae والخشخاشية Papaveraceae. وإذا وجد غلاف واحد فإنه يكون عادة جامدا، أما اذا وجـد غلافان، فإن الخارجي يكون جامدا، يمثل القصرة بينما الداخلي يكون رقيقا وغشائيا يسمى الشغاف Tegmen كما في الخروع Ricinus communis.

وقـد تتركب القصرة من عدد من الطبقات الخلوية، وفي غيرها تتركب من طبقة واحـدة من الخلايا كما في البامبو Bamboo والهالوك Orobanche وتمتص تقريبا أغلفة البويضة في بذور بعض ذوات الفلقة الواحدة مثل الذرة Zea.

تركيب الجنين في مغطاة البذور

الجنـين Embryo النـاضـج عبارة عن نبات جرثومى صغير موجود بداخل البذرة الناضجة، ويختلف مظهره وحجمه في البذور المختلفة تبعا لمرحلة نموه ونوع النبات.

ويتركب الجنين في البذور ذات الفلقتين Dicotyledons عند الانبات من محور Embryo Axis قصير تتصل به فلقتان Cotyledons جانبيتان عند جزئه العلوى. ينتهى هذا المحور من أعلى، فوق اتصال الفلقتين، بجزء يسمى السويقة فوق الفلقية Epicotyle تركيبه التشريحى يماثل تركيب الساق. هذه السويقة تكون تامة التكشف في أجنة بذور بعض النباتات ذات الفلقتين مثل البقولية Leguminosae والصليبية Brassicaceae غير أنها قليلا ما توجد في ذوات الفلقة الواحدة Monocotyledons. وتكون السويقة فوق الفلقية أكثر تميزا في البذور ذات الانبات الهوائى Epigeal germination عن الاخرى أرضية الانبات Hypogeal germination.

وتنتهى السويقة العليا ببرعم طرفى يعرف عادة باسم الريشة Plumule تتركب من قمـة مرستيمية وبضـع أوراق أولية، وهى أكثـر تكشفا في الانبات الأرضى منها في الهوائى. والريشة تكون متميزة تماما في النباتات النجيلية وتحاط بغلاف واق لها. وتوجد السويقة فوق الفلقية بين الفلقتين في أجنة ذوات الفلقتين، أما في الفلقة الواحدة فإنها

تكـون محاطة بقاعدة الفلقة ذات الشكل الأسطوانى كما في البصل Allium cepa أو بغمـد مخروطى الشكـل يسمى غمد الريشة Coleoptile في حبوب الغلال Cereals (شكل ٦)، أو بغمد الريشة وقاعدة الفلقة كما في نخيل البلح Phoenix dactylifera.

والجزء السفلى من محور الجنين يسمى السويقة تحت الفلقية Hypocotyl. من الناحية المـورفولوجية، السويقة تحت الفلقية هي جزء محور الجنين والبادرة الذي يحدث فيه التحول التشريحى من تركيب الجذر، حيث توجد أشرطة الخشب Xylem واللحاء Phloem متبادلة، الى تركيب الساق حيث يتجمعان معا في حزم وعائية جانبية -Callat. eral Vascular Bundle . وفي الجـذر يكون الخشب الأول Portoxylem خارجيا بينما يكون في الساق داخليا. والمنطقة التي يتم فيها هذا التحول الوعائى، أى التحول في ترتيب وتنظيم الأنسجة الوعائية، تعرف باسم منطقة التحول Transition region . قد توجد هذه المنطقة عند قاعدة السويقة أو في منتصفها أو في الجزء العلوى منها، وقد تشمل السلاميات القاعدية للساق كما في البازلاء Pisum sativum. وفي ذوات الفلقة الواحدة يكون طول السويقة السفلى بضعة ملليمترات، ومع هذا تكون أطول من ذلك في بعض العائلات مثل الزنبقية Liliaceae والنرجسية Amaryllidaceae أحيانا، وقد تكون قصيرة جدا لدرجة يصعب تمييزها حيث يمثلها منطقة لاتزيد عن طبق وعائى.

وفي معظم ذوات الفلقتين تمثل السويقة السفلى جزءا متميزا في محور الجنين، وقد تمتد حتى أعلى منطقة اتصال الفلقات. وفي الأجنة زائدة الاختزال كما في الأوركيد Orchids وبعض النباتات المتطفلة، تكون السويقة السفلى غير متميزة. وفي بعض النباتات المائية تقـوم السـويقة السفلى باختزان الغذاء للجنين وتصبح منتفخة، هذه الصفة تتميز بها البذور عديمة الاندوسبرم أو ذات الاندوسبرم الشحيح والجنين المختزل. وعادة الجزء القـاعدى من السويقة السفلى يكون تركيبه التشريحى جذريا بينما الجزء العلوى يكون ساقيا فوق منطقة التحول.

والجـذير Radicle يمثـل في جنـين البـذرة عادة ببداية Primordium تتصل مباشرة بقـاعـدة السويقة تحت الفلقية وتتكون عند المرحلة النهائية لتكشف الجنين، ولايكون متميزا الا عند الانبات عادة، وكثيرا مايصعب تمييزه قبل ذلك.

عند الانبات يتكشف الجذير Radicle بسرعة أو ببطء، وقد يتأخر ظهوره في بعض ذوات الفلقـة الـواحدة، كما في الأوركيد Orchids وبعض النباتات المائية، مثل مزمار الراعى Alisma plantago حيث تكون الفلقة أول أجزاء الجنين ظهورا، وتتكون حلقة من شعـور جذرية من قاعـدة السـويقـة السفـلى تثبت البـادرة، وبعدها ينمو الجذير ويستـطيل. وفي العـائلة النجيلية Poaceae يحاط الجـذير بغلاف نسيجى واق يسمى

غلاف الجذير Coleorhiza (شكل ٦)، كما يحيط أيضا ببدايات الجذور الجنينية Seminal Roots كما في الذرة Zea mays وغيرها من حبوب الغلال Cereals . هذا الغلاف يكون غير موجـود في أجنـة الكثير من ذوات الفلقة الواحدة. وكثيرا يقال أن الجذير يستطيل خلال الانبات ويمزق القصرة وينفذ منها، غير أنه في بعض النباتات يرجع تمزق القصرة الى نمو واستطالة السويقة تحت الفلقية وغلاف الريشة أكثر من استطالة الجذير، وقد يستطيل غلاف الحبة كما في النجيليات.

الفلقـات Cotyledons هي الاوراق الجنينية وهي أعضـاء مؤقتـة، متصلة بمحـور الجنين، بسيطة التركيب غالبا، أما حينما تتخصص في امتصاص الغذاء وحماية الريشة في الجنـين فتصبـح عضـوا معقـد الـتركيب، حيث تقـوم بوظفتـين مختلفتين احداهما الامتصاص والاخرى الحماية. وإذا تخصصت في تخزين الغذاء للجنين فإن الفلقة تكون سميكة. وقد تكون الفلقة ذالت فصين في بعض عائلات ذوات الفلقتين مثل الصليبية Brassicaceae والزيزفونية Tiliaceae.

والفلقة في ذوات الفلقة الواحدة متطاولة، ذات قاعدة مغلفة تحيط بالريشة النامية كما في البصـل Allium cepa أو تخترق هذه القـاعدة كما في النخيل Phoenix dactylifera. ويختلف شكـل الفلقـة بين عائـلات ذوات الفلقـة الـواحدة كما في الزنبقية Liliaceae والنجيلية Poaceae والنخيلية Arecaceae وأحيانا في نفس العائلة.

في بعض ذوات الفلقتـين كثـيرا ماتلتحم قاعدتا الفلقتين معا ليكونا تركيبا فنجاني الشكل غير عميق، وقد يزداد طولا على هيئة عنق أنبوبي كما في الشاي Camella sinensis والـبلوط Quercus suber. وفي العـائلة البشنينية Nymphaeaceae وهي من ذوات الفلقتـين، لاسيما في جنس Nelumbo توجـد الفلقتـان في هيئـة تركيب أنبوبي يكون مفصصا عند قمته، ونادرا تكون الفلقة متورقة كما في العائلة السوسبية Euphorbiaceae. بالاضـافة الى تخزين الغذاء للجنين والبادرة والقيام بعملية البناء الضوئي، فإن الفلقة تقوم بامتصاص الغذاء من الاندوسبرم والبريسبرم. الفلقة كجزء متخصص لامتصاص الغذاء توجد في بذور كثير من عائلات ذوات الفلقة الواحدة ففي العائلة الزنبقية Liliaceae كما في جنس عنب الثعلب Paris تقوم الفلقة كلها بعملية البناء الضوئي وليس لها وظيفة امتصاصية، بينما في جنس Trillium والبصل Allium يبقى طرف الفلقة داخل البـذرة خلال الانبـات ليقوم بعمل تركيب ماص للغذاء من الاندوسبرم وبقية الفلقة تسحب خارج البذرة وتصبح متورقة، وأخيرا يذبل طرف الفلقة بعد خروجه من البذرة نتيجـة لنمـو عنق الفلقة، دون أن يخضر لونه. وفي العائلة السمارية Juncaceae يبقى طرف الفلقة داخل البذرة ليقوم بعملية الامتصاص فقط. وجزء الفلقة الماص يتنوع في

شكله، وعـادة يكون اسطوانيا أو خيطيا، كمثرى الشكل أو درعى، أو كرويا صغيرا يزداد خلال الانبـات بدرجـة كبـيرة ويتغلغل في الاندوسبرم ويأخذ شكل البذرة مالئا فراغها كما في النخيل Phoenix والعائلة الموزية Musaceae.

وفي ذوات الفلقة الواحدة، لاسيما البذور ذات الانبات الارضى Hypogeal germination تحدث تغـيرات خلوية في طرف الفلقـة المـاص والموجود داخل البذرة ملاصقا للاندوسبرم، حيث تصبح الخلايا عمادية الشكل أو متطاولة عموديا على سطح الفلقة كما في العائلة Cyperaceae وأحيانا تصبح حلمية Papillose مكونة طبقة طلائية Epithelium ماصة.

وفي العائلة الزنبقية Liliaceae تتحور خلايا البشرة في الفلقة بدرجة كبيرة حيث تصل الى بضع مرات قدر قطرها وتتغلغل أطرافها في داخل الاندوسبرم.

في بذور النباتات ذات الفلقتين الاندوسبرمية، تبقى الفلقتان داخل البذرة بصفة مؤقتـة بعـد الانبات. حينها يستهلك الاندوسبرم، تتحرر الفلقتان من قصرة البذرة وتصبح متورقة تقوم بعملية البناء الضوئى وتشبه في تركيبها الأوراق العادية. وفي ذوات الفلقة الواحدة قد تستخدم للامتصاص والبناء الضوئى، أو الامتصاص والحماية الأمر الذي يجعلها أكثر تخصصا عن ذوات الفلقتين. فمثلا، في الأنيمون Anemone من العـائلة الشقيقية Ranunculaceae يلتحم عنقـا الفلقتين كليا أو جزئيا عند الانبات فيتكون عنهما تركيب أنبوبى تنفذ الريشة جانبيا من خلاله.

والفلقة في العائلة النجيلية Poaceae وبعض اجناس العائلة السعدية Cyperaceae طبقا لما يراه عدد من الباحثين، عبارة عن عضو يمثل احدى قمم التعقد في النبات الزهرى، فهى تتركب من جزئين رئيسيين، أحدهما يسمى القصعة Scutellum والاخر يسمى غمد الريشة Coleoptile. هذا التحور يعد صفة متميزة في ذوات الفلقة الواحدة الراقية. والقصعة تتخصص في إمتصاص غذاء الجنين من الاندوسبرم، بينما الغمد يمثل غطاءا لحماية الريشة، وبذلك فهى تركيب معقد يتألف من جزئين كل منهما يقوم بوظيفـة تخصصية معينـة. ومصـطلح القصعة يدل على الجزء العالى التخصص من الفلقة، وهو معد تركيبيا ووظيفيا لاذابة وامتصاص غذاء الجنين من الاندوسبرم وذات شكل درعى، أكثر طولا عادة من محور الجنين، وقد تأخذ الشكل العام للبذرة كما في النجيليات.

ولقـد اعتبر غمد الريشة جزءا فلقيا في عام ١٨٤٩، حيث وجد أنها تختلف عن أوراق الريشة في احتوائها على حزمتين وعائيتين فقط بينما يوجد عديد من الحزم في الأوراق.

ومن الصفـات التي تتميز بها عديد من النباتات النجيلية وبعض أجناس العائلة السمارية Juncaceae أن السويقة السفلى ملتحمة مع جزء ملاصق من القصعة (عنق الفلقة) ليتكون عنها تركيب مشترك يسمى السويقة الوسطى Mesocotyl تكون قصيرة جدا وأحيانا طويلة كما في الأرز Oryza sativa والسعد Cyperus. هذا التركيب المشترك يحتوى على الأنسجة الوعائية لكل من السويقة السفلى والفلقة. وتقع هذه السويقة بين القصعة وغمد الريشة، ويطلق عليها البعض اسم السلامية الأولى للمحور.

ويختلف حجم الجنين ووضعه داخل البذرة، فأحيانا يشغل جميع حيز البذرة كما في بذور العائلة البقولية Leguminosae أو يشغل جزءا قليلا منها ويكون محاطا بالاندوسبرم كما في البلح Phoenix dactylifera والشوكران Conium maculatum وقد يكون الجنين مستقيما في البذرة كما في بذور البقول أو الذرة Zea أو مقوسا كما في بنجر السكر Beta vulgaris والبصل Allium cepa أو على شكل حلزون كما في الشوك الاحمر Salsolla.

وبذور بعض النباتات الزهرية مثل لسان العصفور Fraxinus وشرابة الراعى Rus-cus والهـالـوك Orobanche والأوركيد Orchid يبقى الجنـين فيهـا صغيرا غير مكتمل التكوين عندما تنضج البذرة وتنفصل عن النبات الأب، وهو عبارة عن كتلة من خلايا مرستيمية غير متميزة الأجزاء ولايكتمل تكوينها الا قبل انباتها أو خلال مراحل الانبات.

التنوع في عدد الفلقات

يختلف عدد الفلقـات في بذور بعض أجنـاس النباتات ذوات الفلقتين. فمثلا، تتكون فلقة ثالثة للجنين أحيانا كما في جنس الاسفنذان Acer والجوز Juglans. وفي جنس والديان Centranthus توجد أيضا ثلاث فلقات وأحيانا فلقتان أو فلقة واحدة. وفي أجناس الاقحوان Calendula وزهرة اللؤلؤ Dimorphotheca وامبروسيا Ambrosia ، من العائلة المركبة Asteraceae ، توجد فلقة واحدة وقد تكون الفلقة الثانية أثرية. وتوجد أيضا فلقة واحدة في أنواع جنس Bunium من العائلة الخيمية Apiaceae ، وفي كثير من أنواع جنس Coridalis ، من العائلة الخشخاشية Papaveracea حيث توجد فلقة واحدة للجنين، وقد تنشأ درنة أرضية من السويقة السفلى بعد الانبات. قد توجد أربع فلقات كما في عدد غير قليل من أنواع نباتات العائلة الشقيقية Ranunculaceae الخشبية. وهناك شواذ أخرى قليلة، فقد تتكون فلقة واحدة فقط للجنين كما في بعض أنواع جنس الكمون Cuminum وحب القنبر Coridalis وجنس شقائق النعمان Ranun-culus. بالاضـافة الى ماتقدم، فإن تعدد الفلقات Polycotyledony ظاهرة موجودة في بعض ذوات الفلقتين لاسيما الأجناس المتطفلة مثل الحضال Loranthus وجنس Per-

soonia حيث أن بعض أنواعها يتراوح عدد الفلقات بين ٣-٨ .

والفلقات في ذوات الفلقتين لها استعداد لأن تتجزأ بدرجات مختلفة ، أحيانا يكون تجزءا عميقا ليتصور وجود أربع أو ثماني فلقات . والتفصيص يعتبر من صفات بعض العائلات مثل الصليبية Brassicaceae والزيزفونية Tiliaceae.

والأجنة متعددة الفلقات Polycotyledonary كثيرة التواجد في بعض أجناس العائلة الشقيقية Ranunculaceae الشجرية ، حيث يتراوح عدد الفلقات في أجنتها بين ٣-٤ . وجميع هذه الحالات تدل على تحورات في الفلقتين ، كما أن فقد فلقة واحدة كثيرا مايحدث لاسيما في أجناس Ranunculus و Coridalis و Claytonia.

ومن ناحية أخرى قد توجد فلقة مختزلة في أجنة بعض ذوات الفلقة الواحدة كما في جنس الكرم البرى Tamus وجنس وعلان Commelina.

النسيج الاختزانى في البـــذور

تحتوى بذور النباتات مغطاة البذور على غذاء مدخر يستفيد منه الجنين خلال مراحل نضج البذرة وتكشف أجزائه والانبات . هذا الغذاء يكون مخزونا في الاندوسبرم Endosperm أو البريسبرم perisperm أو فيهما معا . وفي كثير من بذور النباتات المائية ، التي تخلو من الاندوسبرم أو بها قليل منه ، وجنينها غير تام التكوين تتخصص السويقة السفلى مع الأجزاء الملاصقة لها من محور الجنين ، كعضو يقوم بتخزين غذاء الجنين ويزداد حجمها بدرجة ملحوظة ، كما في بعض العائلات مثل الشوكية Cactaceae وعائلة الفربينا Verbenaceae. ولقد وجد أن البذور التي تزداد فيها السويقة الجنينية السفلى في الحجم بدرجة كبيرة تصبح فلقاتها صغيرة .

والاندوسبرم يمثل النسيج الاختزانى السائد في معظم النباتات ذات الفلقة الواحدة Monocotyledons بدرجة أكبر مما في ذوات الفلقتين Dicotyledons.

وتوصف بذور عديد من عائلات ذوات الفلقتين بأنها لاتحتوى على اندوسبرم مثل بذور العائلة المركبة Asteraceae والصليبية Brassicaceae والقرعية Cucurbitaceae وغيرها . والعائلة الشوكية Cactaceae قد يوجد بها قليل من الاندوسبرم أو يكون غير موجود اطلاقا . والنباتات المتطفلة Parasitic توجد في بذورها طبقة خلوية من صف واحد من خلايا الاندوسبرم .

ويتركب الاندوسبرم من خلايا بارنكيمية خازنة للغذاء جدره غالبا رقيقة ، غير أنه في بعض البـذور مثـل الجوز المقىء Strychnos nuxvomica تكون جدر الخلايا الخازنة سميكة تتركب أساسا من الهيميسيليلوزات . وتتميز خلايا اندوسبرم بذور البلح

Phoenix dactylifera بأن جدرهـا زائـدة السمك، وكذلك الحال في اندوسبرم بذور البصل Allium cepa قد يكون الاندوسبرم طريا أو دقيقيا أو جامدا أو مندمجا ذو جدر خلوية سميكة. وفي حبوب الغلال Cereals يغلف الاندوسبرم طبقة الأليرون Aleurone layer خلاياها حية ذات نوى كبيرة، وهى أكبر حجما من الخلايا المجاورة، وممتلئة بحبيبات الأليرون Aleurone grains.

والبريسبرم نسيج اختزانى ينشأ اما عن أغلفة البويضة Integuments أو النيوسيلة Nucellus أو منهما معا، وهو قليل الوجود في مغطاة البذور. قد يتركب من طبقة واحدة خلوية ممتلئة خلاياها بالمواد الغذائية أو من كتلة خلوية تحيط بالجنين والاندوسبرم. وبريسبرم النيوسيلة Nucellar Perisperm غير شائع في بذور النباتات مغطاة البذور، ومـع هذا فانـه يوجـد في بعض ذوات الفلقة الواحدة. البريسبرم الناتج عن أغلفة البويضة Integumentary Perisperm يعتبر أكثر شيوعا من بريسبرم النيوسيلة. يتركب البريسبرم من خلايا بارنكيمية رقيقة الجدر ممتلئة غالبا بالنشا. في بعض العائلات، كميات كبيرة من البريسبرم تكـون ميسورة للبادرات خلال الانبات نتيجة لنشاط الاندوسبرم كما في عائلة الكنا Cannaceae والقرنفلية Caryophyllaceae والفلفلية Piperaceae. وقد تحدث هذه الاستفادة خلال مراحل نضج البذرة، وعموما فهو نسيج اضـافى غذائي يكمـل الاندوسبرم الذي يساعد في انتقال الغذاء المخزون في خلايا البريسبرم الى الجنين. والبريسبرم يكون مميزا في بذور عدد من عائلات ذوات الفلقتين مثل القرنفلية Caryophyllaceae والرمرامية Chenopodiaceae. وقد يشاهد البريسبرم كغشاء رقيق يسمى الشغاف Tegmen يحيط بالاندوسبرم كما في الخروع Ricinus communis.

ويوجد الاندوسبرم والبريسبرم معا في بعض العائلات مثل الفلفلية Piperaceae من ذوات الفلقتين والموزية Musaceae وهي من ذوات الفلقة الواحدة. وتتميز بذور الفلفل الأسود Piper nigrum بان الاندوسبرم يمثل جزءا ضئيلا يحيط بالجنين بينما الجزء الأكبر من النسيج الاختزانى عبارة عن البريسبرم.

والبذور التي يوجد بها الاندوسبرم أو البريسبرم كنسيج اختزانى رئيسى تسمى البذور الاندوسبرمية Endospermic seeds أما البذور التي لاتحتوى على الاندوسبرم أو البريسبرم أو بها بقايا ضئيلة من أي منهما تسمى البذور غير الاندوسبرمية Non-endospermic seeds.

المواد المخزونة في البذور

يتوقف محتوى البذور من المواد المخزونة على العوامل الوراثية للنبات، غير أن مقدار هذا المحتوى يتأثر أحيانا بالعوامل البيئية المحيطة. والمواد الرئيسية التي تخزن في البذور

هي الكربوهيدرات والبروتينات والزيوت.

تخزن الكـربوهيدرات غالبا في صورة نشا أو هيميسيليلوزات مثلا، يوجد النشا في انـدوسبرم حبوب الغلال وفلقات بذور البقوليات. والهيميسيليلوزات تتركز في جدر خلايا انـدوسبرم بعض البذور مثل البلح والبصل، كما تخزن أيضا في فلقات بعض الأجنة مثل الترمس Lupinus termis وأبو خنجر Tropaeolum majus.

والسكريات أقل المواد المخزونة شيوعا، وأكثر أنواعها وجود سكر القصب كما في اندوسبرم حبوب الذرة السكرية Zea mays saccharata وجنين بذور البازلاء Pisum sativum والجوز Juglans.

وتخزن البروتينات عادة بكميات قليلة في البذور، ومع هذا فبعض البذور تعتبر ذات محتوى عال من البروتينات مثل فول الصويا (أكثر من ٤٥٪)، والخروع (حوالى ٢٥٪) والقطن (١٦-٢٠٪). وباستثناء بذور فول الصويا Glycine max لاتعرف بذور تسود فيها البروتينات على غيرها من المواد المخزونة. وتخزن البروتينات في صورة غير متبلورة كما في اندوسبرم الحبهان Elettaria cardamomum أو في صورة حبيبات ذات شكل محدد تسمى حبيبات الأليرون كما في اندوسبرم بذور الخروع Ricinus communis وتوجد هذه الحبيبـات مخزونة في خلايا طبقة الأليرون المغلفة للاندسبرم في حبوب الغلال، وفي الخروع والكتان توجد مخزونة في خلايا الجنين والاندوسبرم مختلطة مع الزيت. أما في الفـاصوليا Phaseolus vulgaris والبازلاء تخزن حبيبات الأليرون مختلطة مع النشا في فلقات الأجنة. وفي بذور جوز الطيب Myristica fragrans توجد حبيبات الأليرون مع النشا والزيت في الإندوسبرم.

وتخـزن الـزيوت في انـدوسبرم بعض البذور مثل الخروع (حوالى ٥٠٪) والكتان (٣٠-٤٠٪) أو فلقتى الجنـين مثـل القـطن (٢٠-٢٥٪) والفـول السـودانى (حوالى ٤٠٪). كما تخزن الـدهـون في اندوسبرم بعض البذور مثل جوز الهند (٦٠-٦٥٪) ونخيل الزيت Elaeis Guineenis. (٤٥ - ٥٣٪).

بالاضافة الى المواد الرئيسية السابقة، فإن بعض البذور يخزن في اندوسبرمها مواد مخاطية كما في بذور الحلبة Trigonella foenum graecum (حوالى ٢٨٪).

وبذور جنس Plantago تمثل مصدرا للمواد المخاطية توجد مخزونة في قصرة البذرة. يزرع هذا العشب في الهند وايران. وتحتوى بعض البذور على أشباه قلويات مثل Ricinine في اندوسبرم بذور الخروع، ومادة Spartine في جنين الترمس والكافيين Cafeine في بذور البن Coffea arabica والكاكاو Theobroma cacao.

الأجنة الشاذة في ذوات الفلقة الواحدة

الصفة الأساسية التي تميز ذوات الفلقتين من ذوات الفلقة الواحدة تتركز في عدد الفلقات، ومع هذا فمن الصعب ايجاد حد فاصل بينهما في كثير من الأحيان. فكثير من الأجناس في ذوات الفلقتين له فلقة واحدة وبعض ذوات الفلقة الواحدة له فلقة ثانية أثرية. العديد من هذه الأشكال الشاذة معروفة وسبقت دراستها، وكثيرا ما يستفاد منها في تحديد العلاقة بين ذوات الفلقتين والفلقة الواحدة من ناحية المنشأ.

والأجنة الشاذة التركيب في ذوات الفلقة الواحدة يبدو أنها أقل شيوعا منها في ذوات الفلقتين. فمثلا في أجناس الكرم البرى Tamus وديوسكوريا Dioscorea و Titantia توجد فلقة ثانية في صورة مختزلة، وفي جنس Arum من العائلة القلقاسية، وجنس Paris من العائلة الزنبقية توجد فلقتان متميزتان ومتقابلتان عند قمة السويقة تحت الفلقية، احداهما متورقة والأخرى متخصصة في امتصاص الغذاء.

وهناك مايرجح فقد احدى الفلقتين في بعض أجناس ذوات الفلقة الواحدة. ففي جنس Cyrtanthus توجد بادئة حلقية الشكل تحيط بقمة الساق ينشأ عليها أربعة بروزات تلتحم في زوجين فيتكون عنهما فلقتان صغيرتان، تنمو احداهما مكونة فلقة طرفية. وفي جنس زنبق افريقيا Agapanthus ، بعض الأجنة ذات فلقة والبعض الاخر ذات فلقتان، وكل من هذين النوعين يتميز بوجود بادئة فلقة حلقية الشكل حول القمة المرستيمية لمحور الجنين ينشأ عليها بروز أو بروزين يتكون عنهما فلقة أو فلقتين.

الفصل الثالث

تركيب البذور

- تركيب البذور ذوات الفلقتين .
- البذور غير الاندوسبرمية .
- بذرة الفاصوليا .
- بذرة القطن .
- بذرة قرع الكوسة .
- البذور الاندوسبرمية .
- بذرة الخروع .
- بذرة الطماطم .
- بذرة بنجر السكر .
- بذرة الكتان .
- تركيب البذور ذات الفلقة الواحدة .
- بذرة البصل .
- حبوب الغلال .

الفصل الثالث
تركيب البذور

تتنوع بذور النباتات مغطاة البذور، سواء كانت من ذوات الفلقتين أو من ذوات الفلقة الواحدة، في نواحى مختلفة مثل الشكل والحجم وتركيب القصرة والجنين وموضع الغذاء المخزن وغيرها. ولقد اختير عدد من البذور لدراسة تركيبها المورفولوجى ؛ تتميز بأهميتها الاقتصادية من ناحية، ولصفات خاصة تميزها عن بعضها البعض سواء في تركيبها أو انباتها أو وظائف الفلقات فيها. وتبعا لعدد فلقات الجنين، تصنف النباتات مغطاة البذور الى ذوات الفلقتين وذوات الفلقة الواحدة.

تركيب البذور ذوات الفلقتين STRUCTURE OF DICOTYLEDONOUS SEEDS

تصنف بذور النباتات مغطاة البذور ذوات الفلقتين، تبعا لموضع الغذاء المدخر، الى بذور غير اندوسبرمية مثل الفاصوليا والعدس والفول والقطن، وأخرى اندوسبرمية مثل الخروع والطماطم وبنجر السكر والحبهان والجزر.

البذور غير الاندوسبرمية THE NON ENDOSPERMIC SEEDS

١ ــ بذرة الفاصوليا

نبات الفاصوليا Phaseolus vulgaris من العائلة الفراشية Fabaceae وهو نبات عشبى يزرع لقرونه الخضراء ولبذوره الجافة كغذاء.

وتوجد البذور داخل ثمرة قرن أو باقلاء Legume والقرون الخضراء رفيعة طولها حوالى ٤ بوصات تحتوى بداخلها على البذور الجافة وهي كلوية الشكل تغلفها قصرة Testa جلدية رفيعة، وناعمة أو مجعدة، يختلف لونها تبعا للصنف، فقد تكون بيضاء اللون أو حمراء أو مزركشة، وهى متكونة عن الغطاء الخارجى للبويضة حيث امتص الغطاء الداخلى خلال مراحل نضج البذرة، وكذلك النيوسيلة.

ويوجد للبذرة جانبان ضيقان وسطحان عريضان. وتشاهد السرة Hilum كندبة فاتحة اللون تتوسط أحد الجانبين وبجوارها النقير Micropyle داخل انخفاض بسيط، كما يشاهد الرافى Raphe في صورة نتوء على الجانب الآخر من السرة. تتميز السرة في بذور الفاصوليا بوجود شق Fissure طولى تحته مجموعة من خلايا ذات جدر سميكة، بها ثقوب دقيقة جدا تقوم بحماية محتويات البذرة من الجفاف والطفيليات.

والجنين Embryo يتركب من فلقتين سميكتين تحتويان على الغذاء المدخر للجنين، ويتركب من كربوهيدرات وبروتينات، وسويقة فوق فلقية Epicotyl مختفية بين الفلقتين، ويمكن تمييز وريقتين صغيرتين في طرفها تحيطان بقمتها المرستيمية.

والسويقة تحت الفلقية Hypocotyl توجد تحت منطقة اتصال الفلقتين بمحور الجنين، وهى قصيرة تنتهى بالجذير Radicle الذي يكون طرفه مدببا متجها نحو النقير.

ويماثل جنين بذرة الفاصوليا من حيث التركب العام أجنة بذور الفول Vicia faba والبازلاء Pisum sativum والعدس Lens esulenta وأخرى عديدة غيرها.

٢ ـ بذرة القطن

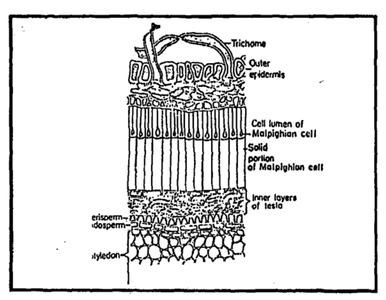
نبات القطن Gossypium spp ينتمى الى العائلة الخبازية Malvaceae وهو نبات عشبى، ساقه قائمة متفرعة وهو محصول الألياف الرئيس والهام في العالم. توجد البذور داخل ثمرة جافة منفتحة تسمى علبة Capsule أو اللوزة. البذرة الناضجة كمثرية الشكل تقريبا، يتراوح طولها بين ٨ـ١٠ ملليمترات، لونها بين البنى والأسود. ويغطى سطح البذرة بشعور كثيفة وحيدة الخلية ينشأ كل منها عن استطالة خلية من خلايا البشرة لغلاف البويضة (شكل ٧ أ). ويوجد نوعان من هذه الشعور:

أ ـ شعر طويل أبيض اللون يسهل فصله عن سطح البذرة يعرف تجاريا باسم شعر القطن Cotton Lint يتفاوت طوله تبعا للصنف فيما بين ٢ـ٥ سنتميترات وتبلغ نسبة السليلوز في شعر القطن حوالى ٩١٪ والباقى شمع وزيت ورطوبة وغيرها.

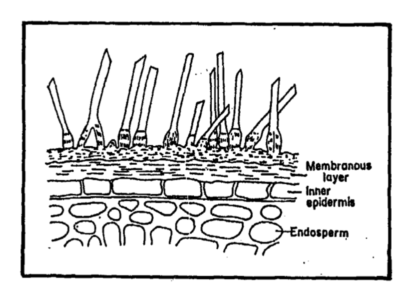
ب ـ شعر قصير على هيئة زغب Fuzz يعرف تجاريا باسم Linters يبقى على سطح البذرة بعد عملية حلج القطن، يختلف لونه فيما بين الأخضر والبنى والمصفر. ويوجد الزغب مغطيا سطح البذرة أو في صورة خصلة عند طرف البذرة، وقد تكون البذرة خالية منه تماما بعد الحلج.

ويمثل الزغب حوالى ١٠٪ من وزن البذرة اذا كان سطحها كله مغطى به.

تتكشف قصرة البذرة عن غلافى البويضة، ويشاهد على سطحها الرافى Raphe كنتوء رفيع يمتد بطول سطح البذرة. ويوجد النقير بطرف البذرة المدبب وبجواره السرة تمتد



شكل (٧ ـ أ): قطاع عرضى في جزء من بذرة القطن متضمنا القصرة وجزء من الفلقتين ـ لاحظ القناة الـراتنجيـة في الفلقـة ومنشـأ الشعـور من خلايا البشرة الخارجية للغلاف الخارجى للبويضة



(شكل ٧ ـ ب): جزء من قطاع عرضى في بذرة الطماطم يوضح شكل الحراشيف الناتجة عن الجدر الجانبية المغلفة والداخلية السميكة لبشرة غلاف البويضة.

لمسـافـة واضحة بطول البذرة. ويوجد بداخل القصرة غشاء رقيق أبيض شفاف يحيط بالجنين يلتحم بالقصرة عند الطرف العريض للبذرة يسمى الشغاف Tegmen.

ويتركب هذا الغشاء من طبقتين من الخلايا، الخارجية منهما تمثل بقايا نسيج النيوسيلة بينما الداخلية عبارة عن بقاية نسيج الاندوسبرم الذي استنفذه الجنين خلال مراحل تكشفه.

والجنين كبير نسبيا، ومستقيم في وضعه داخل البذرة وتملىء البذرة به. ويتركب الجنين من محور جنين Embryo axis وفلقتين كبيرتين، حينما تنبسطا تكونان عريضتان ذات شكل كلوى ورقيقتان، وهما منطبقتان معا ومنثنيتان في طيات عديدة معقدة. يشاهد على كل من الفلقتين نقط متناثرة داكنة اللون يمثل كل منها غدة راتنجية Resin Duct بها مادة الجوسيبول Cossypol التي تكسب الزيت المستخرج من الجنين لونا أصفر محمر. وتحتوى الفلقتان على الغذاء المدخر للجنين الذي يحتوى على حوالى ١٦-٢٠٪ بروتين وحوالى ٢٢-٢٤٪ زيت من وزن البذرة. والنشا يكون قليلا جدا أو معدوما في الفلقتين. ومحور الجنين يتركب من سويقة فوق فلقية Epicotyl تكون محصورة بين الفلقتين، وسويقة تحت فلقية Hypocotyl تنتهى بالجذير Radicle. وتشاهد الغدد الراتنجية أيضا على السويقة تحت الفلقية. والبذرة خالية من الاندوسبرم.

وزيت بذور القطن من أهم الزيوت في العالم ويستخدم في طبخ الغذاء وصناعة المرجرين والصابون وغيرها. ويستفاد من الشعر الناتج عن البذرة أساسا في صناعة المنسوجات القطنية وغيرها مثل الحبال والسجاد . . . الخ.

٣ - بذور قرع الكوسة

نبات قرع الكوسة .Cucurbita pepo L عشبى حولى، ينتمى الى العائلة القرعية Cucurbitaceae يزرع بالبذور للحصول على ثمارة كنوع من الخضروات. والبذرة كبيرة، منبسطة، بيضية الشكل، مدببة عند أحد طرفيها وتختلف في لونها تبعا للصنف وكذلك في الشكل. تنشأ قصرة البذرة عن غلافى البويضة المنعكسة Anatropous Ovule. ويبطن القصرة نسيج البريسبرم الذي يتألف من حوالى ست طبقات خلوية، الخلايا رقيقة الجدر فيما عدا الطبقة الخارجية فان جدرها تكون مغطاة بطبقة شمعية من الكيوتين. والاندوسبرم عبارة عن طبقة واحدة من خلايا سميكة الجدر ذات نوى كبيرة ومحتويات محببة.

والجنين في بذور القرع يتركب من سويقة جنينية سفلى بيضاوية الشكل تقريبا وقصيرة ذات جذير صغير وتنتهى قمتها بفلقتين سميكتين تحتويان على الغذاء الأساسى المدخر للجنين، وسويقة عليا مخروطية الشكل صغيرة جدا، محصورة بين قاعدتى الفلقتين. والاندوسبرم والبريسبرم شحيحان في هذه البذور، ولهذا تعتبر عديمة الاندوسبرم فمعظم الغذاء مخزن في الفلقتين السميكتين.

البذور الاندوسبرمية THE ENDOSPERMIC SEEDS

١ ـ بذرة الخروع

نبات الخروع .Ricinus communis L ينتمى الى العائلة السوسبية Euphorbiaceae وترجع أهميته الاقتصادية الى زيت الخروع Castor oil الذي يستخرج من البذور. ويستخدم هذا الزيت في نواحى مختلفة مثل صناعة البلاستيك والصابون والبويات وتزييت الآلات . . .

وتوجد بذور الخروع داخل ثمرة شوكية، جافة منشقة Schizocarp. تنشق عند النضج الى ثلاث ثميرات Mericarps كل منها ذات بذرة واحدة. البذرة بيضية الشكل متطاولة يتراوح طولها بين ٨ـ١٥ ملليمتر، وسمكها حوالى ٤ـ٨ ملليمتر. القصرة لامعة مبرقشة، رقيقة وصلبة سهلة التكسر، ويشاهد الرافى Raphe على طول امتداد أحد سطحى البذرة العريضين. طرف البذرة الضيق يوجد عليه بسباسة Caruncle تخفى تحتها النقير، ويمكن مشاهدة السرة بوضوح مجاورة للبسباسة. وتنشأ البسباسة في الخروع عن انقسامات خلايا البويضة في منطقة النقير.

وتعتبر بذرة الخروع نموذجا للبذور الاندوسبرمية ذات الفلقتين، حيث يوجد داخل القصرة غشاء رقيق يسمى الشغاف Tegmen يمثل بقايا نسيج النيوسيلة. ويتركب معظم جسم البذرة من اندوسبرم زيتى سميك أبيض اللون، وهذا الغذاء المدخر الذي يعتمد عليه الجنين خلال الانبات، يكون محاطا بالشغاف. ويتألف الاندوسبرم من كتلتين شمعيتى اللون، بينهما تجويف يتوسطه في الجنين. يتركب الجنين من فلقتين رقيقتين غير ملونتين بهما تعريق واضح، يتصلان بمحور الجنين عند الطرف القريب من البسباسة. والسويقة فوق الفلقية دقيقة جدا بين قاعدتى الفلقتين. والسويقة تحت الفلقية تنتهى بجذير صغير جدا يتجه طرفه ناحية النقير.

ويحتوى اندوسبرم الخروع على حوالى ٥٠٪ زيت وحوالى ٢٥٪ بروتينات في صورة حبيبات أليرون، كما يحتوى على مقدار ضئيل جدا من مادة سامة تسمى Ricinine تتبقى في الكسب بعد استخراج الزيت، ولهذا لايصلح كسب بذور الخروع لتغذية الحيوان.

٢ ـ بذرة الطماطم

نبات الطماطم .Lycopersicon esculentun Mill ينتمى الى العائلة الباذنجنية Solan-ceae وهو نبات عشبى يزرع للحصول على ثماره. توجد البذور داخل ثمرة طرية عنبة Berry. البذور بيضاوية الشكل رقيقة وصغيرة كلوية الشكل، قطرها حوالى ٣ ملليمترات ذات قصرة بنية اللون مصفرة يغطى سطحها بتراكيب رفيعة فضية اللون تشبه الشعور

أو الحراشيف (شكل ٧ ـ ب) تمثل بقايا الجدر الجانبية لخلايا البشرة الخارجية لغلاف البويضة. خلال مراحل تكشف القصرة تستطيل خلايا البشرة في الاتجاه الشعاعى بضع مرات مثل قطرها الأصلى، كما يزداد سمك جدرها الداخلية بدرجة كبيرة وكذلك الأجزاء القاعدية من الجدر الجانبية. وعند نضج البذرة تتكسر الجدر الخارجية وتبقى الجدر الجانبية السميكة في صورة شعور وحراشيف.

وتنشأ قصرة البذرة عن غلاف البويضة الوحيد. والبذرة الناضجة الطرية تحاط بغلاف لحمى Aril ينشأ عن الطبقات الخارجية لغلاف البويضة.

والجنين رقيق أبيض اللون، يشاهد مقوسا داخل البذرة محاطا بالاندوسبرم الذي يملىء بقية فراغ البذرة. يتركب الجنين من فلقتين رقيقتين رفيعتين تنطبقان على بعضهما من السطح العلوى مكونتين قمة ملتفة، أو تنفرجان وتنحنى كل منهما في اتجاه مضاد للأخرى.

والسويقة تحت الفلقية تمثل الجزء الأكبر من الجنين وتنتهى بالجذير. أما السويقة فوق الفلقية فهي دقيقة ترقد بين قاعدتى الفلقتين.

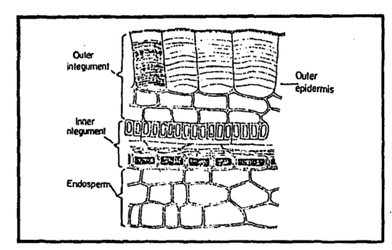
٣ ـ بذرة بنجر السكر

نبات بنجر السكر .Beta vulgaris L ينتمى الى العائلة الرمرامية Chenopodiaceae يمثل المصدر الثاني للسكر في العالم حيث يبلغ مقدار السكر الناتج من جذوره حوالى ١/٣ ماينتج عن نبات قصب السكر Saccharum officinarum

والبذرة صغيرة كلوية الشكل رقيقة لامعة، لونها بنى محمر، تنشأ عن غلافى البويضة Integuments. سطح القصرة يغطى بطبقة سميكة من الكيوتين. ويتركب جنين البذرة من فلقتين لحميتين متطاولتين يمثلان جزؤه الأكبر وسويقة تحت فلقية تنتهى بالجذير. السويقة دقيقة جدا تكون محاطة بقاعدتى الفلقتين. والجنين يكون مقوسا بداخل البذرة، يحيط بنسيج البريسبرم الذي يمثل النسيج الاختزانى الأساسى للجنين. والاندوسبرم يكون في صورة طبقة واحدة تحيط بطرف السويقة تحت الفلقية.

وتمتلىء خلايا البريسبرم بحبيبات نشا كبيرة الحجم، بينما خلايا الجنين تمتلىء بمواد بروتينية وزيتية.

الثمرة في بنجر السكر هي التي تزرع عند انتاج نباتات بنجر السكر، وهى محاطة بغلاف جامد، بنى فاتح اللون نوعا، يمثل كأس الزهرة التي يستديم ويزداد في الحجم. وتحتوى الثمرة على ٢-٣ بذور.



(شكل ٨): قطاع عرضى في جزء من بذرة نبات الكتان الناضجة مبينا مكونات القصرة - لاحظ الطبقات المتتالية من المواد المخاطية الموجودة في خلايا البشرة: ١- البشرة، ٢- طبقتان من خلايا بينها مسافات بينية، ٣- طبقة من الألياف، ٤-٥ بضع طبقات من خلايا رقيقة الجدر غير ملونة (الخلايا المتعامدة)، تتحطم عند نضج البذرة، ٦- الطبقة الملونة من صف واحد من الخلايا وهي آخر طبقات القصرة.

٤ - بذرة الكتان

نبات الكتان .Linum usitatissimum L ينتمى الى العائلة الكتانية Linaceae وهو أهم نباتاتها من الناحية الاقتصادية، حيث يستفاد من ألياف الساق في صناعة الاقمشة الكتانية والدوبارة وشباك الصيد وغيرها. الزيت المستخرج من البذور Lin seed Oil يعتبر من أهم الزيوت المستخدمة في صناعة البويات وحبر الطباعة، كما يستخدم أيضا في التغذية.

ثمرة الكتان علبة Capsule صغيرة تكاد تكون كروية الشكل، يتراوح قطرها بين ٥-٧ ملليمتر، تحتوى بداخلها على عشرة بذور. البذور بيضاوية الشكل متطاولة أحد طرفيها مستدير والأخر مدبب، طولها ٤-٦ ملليمتر وعرضها ٢-٣ ملليمتر. قصرة البذرة، لامعة ملساء، ذات لون بنى داكن أو مصفر. وتوجد المادة الملونة في طبقة البشرة الداخلية لقصرة البذرة وهى التي تحدد لون البذرة. وخلايا البشرة الخارجية للقصرة تمتلىء بمواد مخاطية (شكل ٨) وتغطى الخلايا بطبقة من الكيوتين. وتنشأ القصرة عن غلافى البويضة، وتوجد السرة عند الطرف المدبب للبذرة داخل تجويف بسيط.

ويمتد الرافى في صورة خط مصفر اللون على حافة البذرة بين السرة والطرف المستدير.

وجنين البذرة مستقيم يحيط به اندوسبرم ضيق. يتركب الجنين من محور جنين عبارة عن سويقة تحت فلقية تنتهى بجذير دقيق، وفلقتين سميكتين خازنتين لجزء من الغذاء المدخر، كل منهما بيضية الشكل وأكثر اتساعا من السويقة تحت الفلقية. والسويقة العليا

دقيقة جدا تشاهد بين قاعدتى الفلقتين. والجنين والاندوسبرم يحتويان على زيت وبروتينات في صورة حبيبات أليرون. تبلغ نسبة الزيت في البذرة حوالى ٣٠-٤٠٪ والبروتين حوالى ٢٥٪ والمادة المخاطية حوالى ٧٪ ومقدار ضئيل من مادة سامة تسمى لاميناريين Laminarin. لايوجد نشا في البذور تامة النضج.

تركيب البذور ذات الفلقـــة الواحدة
STRUCTURE OF MONOCOTYLEDONOUS SEEDS

رغم أن الجنين في ذوات الفلقة الواحدة يتنوع في شكله وتركيبه، فان المحور يشبه أساسا نظيره في ذوات الفلقتين. يتركز الفرق الرئيسى بين ذوات الفلقتين والفلقة الواحدة في عدد الفلقات. ومع هذا، فإن بعض أجناس ذوات الفلقتين، كما في ثمانية أجناس من العائلة الخيمية Apiaceae له فلقة واحدة وبعض ذوات الفلقة الواحدة له فلقة ثانية أثرية أو مختزله.

كثيرا ماتحدث تحورات في الفلقة خلال مراحل الانبات. والغالبية العظمى من بذور ذوات الفلقة الواحدة اندوسبرمية، القليل منها غير اندوسبرمية مثل العائلة الأوركيدية Orchidaceae والألزمية Alismaceae والزلفية Potamogetonaceae.

١ ـ بـذرة البصـل

نبات البصل Allium Cepa ينتمى الى العائمة النرجسية Amaryllidaceae ويزرع للحصول على أبصاله كغذاء طازج فضلا عن استخدامه في الطهى والسلاطة والتجفيف. توجد البذور داخل ثمرة منفتحة علبة Capsule تتركب من ثلاث مساكن يحتوى كل منها على بذرة أو بذرتين. البذور صغيرة سوداء اللون غير منتظمة الشكل تكون محدبة من جهة ومستوية نوعا من الجهة المقابلة. قصرة البذور تكون جامدة مجعدة سوداء اللون يرجع اللون الى وجود حبيبات بنية اللون داكنة جدا في خلايا بشرة القصرة ذات الجدر السميكة. توجد هذه الحبيبات أيضا في الخلايا المجاورة. توجد السرة كندبة غائرة في أحد أركان السطح المستوى للبذرة. وطبقة البريسبرم Perisperm والتي تبطن القصرة تكون شفافة، وتمتلىء البذرة بالاندوسبرم القرنى الجامد، حيث يوجد جنين البذرة مطمورا فيه. خلايا الاندوسبرم حية جدرها زائدة السمك تتركب بصفة أساسية من الهيميسيليلوزات، تمثل الغذاء المدخر للجنين وتحتوى هذه الخلايا على قطرات من الزيت بالاضافة للبروتينات.

وجنين البذرة شمعى اللون، أسطوانى مقوس أو هلالى الشكل، أو على هيئة دائرة يبلغ طولها حوالى ٦مم وقطرها حوالى ٠,٤ مم ويتركب الجنين من فلقة واحدة تمثل جزؤه

الأكبر، طرفها مستدير نوعا، وقاعدتها مجوفة تحيط بالريشة عند قاعدة الفلقة، وتوجد فتحة طويلة ضيقة تخرج منها الورقة الأولى الخضراء عند الانبات. والسويقة تحت الفلقية قصيرة، ومعظم جسم الجنين يتركب من الفلقة التي تنشأ عند القصرة الفلقية للساق القصيرة.

والسويقة فوق الفلقية تكون محاطة بالجزء القاعدى من الفلقة وقد تحمل بداية ورقة صغيرة Leaf primordium. وطرف الفلقة يظل مطمورا في الاندوسبرم خلال الانبات فترة من الزمن، يفرز انزيمات هاضمة للاندوسبرم كما يمتص الغذاء المهضوم وينقله الى أجزاء الجنين النامية خلال الانبات. وأخيرا يظهر فوق سطح التربة ويخضر لونه ليقوم بعملية البناء الضوئى.

٢ ـ تركيب حبوب الغلال

الغلال Cereals اصطلاح يطلق على عدد من نباتات العائلة النجيلية التي تزرع للاستفادة من حبوبها في تغذية الانسان والحيوان. ويعتبر القمح والذرة والأرز والذرة الرفيعة والشعير والشوفان أكثر نباتات الغلال أهمية للانسان وحيواناته. وتضم العائلة النجيلية Poaceae حوالى ١٥٠٠ نوع من النباتات، ولا توجد عائلة أخرى تفوقها من الناحية الاقتصادية.

وثمرة الغلال جافة، غير منفتحة تسمى بره Caryopsis أو حبة، تنشأ عن مبيض زهرة يحتوى على بويضة واحدة ذات غلافين. ولهذا، فإن الثمرة تحتوى على بذرة واحدة اندوسبرمية. أثناء مراحل تكوين الثمرة، يتحطم غلافا البويضة وتلتحم بقاياهما مع جدار المبيض وينشأ غلاف واحد يسمى غلاف الثمرة. والنيوسيلة قد يمتص معظمها خلال نضج الحبة، وقد تكون غائبة كليا عند النضج، وقد يتبقى منها بقايا متحطمة.

والاندوسبرم يشغل معظم الحبة، تغلفه طبقة من خلايا حية تسمى طبقة الأليرون Aleurone layer. تتألف هذه الطبقة من صف واحد من الخلايا كما في القمح Triticum spp. (شكل ٦) أو من صفين كما في الشوفان Avena sativa وهذه الخلايا منتظمة الشكل ذات جدر سميكة نوعا، تشاهد مستطيلة أو مربعة في القطاع العرضى للحبة. وتحتوى خلايا طبقة الأليرون على معظم بروتين الحبة مخزونا في صورة حبيبات بسيطة التركيب، تتألف من كتلة بروتينية يغلفها غشاء بروتيني كثيف تسمى حبيبات الأليرون. خلايا الاندوسبرم بارنكيمية ذات جدر سميكة ممتلئة بحبيبات النشا. وفي بعض الحبوب، مثل الذرة Zea mays تتميز منطقتان في الاندوسبرم تختلفان في الحجم وشكل حبيبات النشا ونسبة البروتين ودرجة الصلابة.

والجنين يشغل حيزا ضئيلا من الحبة، يرقد عند قاعدة السطح السفلى للحبة، خلاياه غنية بالزيوت والبروتينات وبها مقادير من السكريات. ويبلغ مقدار الزيت في جنين الذرة مثلا، حوالى ٦٪.

والجنين يحتوى على فلقة واحدة، اختلف العلماء في تحديد الجزء أو الأجزاء التي تمثلها. فيرجح البعض أنها تتركب من جزئين أحدهما يسمى القصعة Scutellum والآخر غمد الريشة Coleoptile. وطبقا لهذا الرأى، فإن الفلقة في النجيليات تصبح مقابلة لمثيلتهافي ذوات الفلقة الواحدة من حيث احتوائها على جزء ماص وهو القصعة وجزء مغلف للريشة وهو غمد الريشة. ويرى علماء آخرون أن الفلقة هي القصعة فقط، أما جزء محور الجنين الذي يقع بين العقدة الفلقية Cotyledonary Node حيث تتصل الفلقة بمحور الجنين، وعقدة غمد الريشة Coleoptile Node فهو عبارة عن سلامية قصيرة يمكن اعتبارها السلامية الأولى ويطلق عليها أحيانا لفظ السويقة الوسطى Mesocotyl وهي ناتج التحام جزء من الفلقة مع السويقة السفلى. في بعض الغلال، يوجد على جانب محور الجنين، المقابل للقصعة، زائدة صغيرة من خلايا بارنكيمية تسمى ابيبلاست Epiblast تكون واضحة جدا في بعض الانواع.

والقصعة هي أكبر أجزاء الجنين، شمعية اللون سميكة، تشبه في شكلها الدرع، تبقى دائما داخل الحبة. والطبقة السطحية للقصعة والملاصقة للاندوسبرم تسمى الطبقة الطلائية Epithelium تتركب من صف واحد من خلايا حية تقوم بافراز إنزيمات هاضمة للاندوسبرم خلال الانبات، كما تمتص الغذاء المهضوم وتنقله الى جسم القصعة ومنها خلال النسيج الوعائى بها الى محور الجنين. والريشة تكون محاطة بغلاف مخروطى الشكل يسمى غمد الريشة Coleoptile. تتركب الريشة من مرستيم قمى يحيط به بضع أوراق أولية ويكون الجذير محاطا بغلاف يسمى غمد الجذير Coleorhiza (شكل ٦).

ويحتوى الجنين على جهاز وعائى أولى يوجد في القصعة ويمتد منها الى محور الجنين، عبر السويقة الوسطى، في الجذير وغمد الريشة وبعض البدايات الورقية. يقوم هذا الجهاز بنقل المواد الذائبة الممتصة من الاندوسبرم الى بقية أجزاء الجنين خلال الانبات. بالاضافة الى الجذير، توجد عادة بدايات جذور عرضية جنينية Seminal Roots تخرج من محور الجنين فوق مستوى الجذير، يختلف عددها تبعا للنوع.

حبة الذرة الشامية

نبات الذرة الشامية Zea mays من العائلة النجيلية Poaceae يزرع لأهميته الاقتصادية كغذاء للانسان وعلائق للحيوان والدواجن.

وحبة الذرة مستديرة نوعا أو وتدية الشكل، يختلف لونها تبعا للصنف. يوجد بطرف الحبة الضيق عنق قصير اسفنجي، يمثل بقايا عنق السنيبلة Spikelet التي تكونت عنها الحبة. تتركب السنيبلة في النورة المؤنثة للذرة من زهرتين، العليا خصبة والسفلى مختزلة.

والحبة ذات سطحان عريضان يشاهد في أحدهما انخفاض طولى بيضاوى الشكل يحدد موضع الجنين. ويتميز على الطرف العريض للحبة ندبة صغيرة تمثل بقايا قلم الزهرة التي نشأت الحبة عن مبيضها. وتتركب الحبة الناضجة من غلاف الحبة الذي يشمل جدار الثمرة وبقايا غلافى البويضة والنيوسيلة والاندوسبرم والجنين.

ويضم غلاف الحبة Hull جدار الثمرة وبقايا غلافى البويضة يبطنها بقايا النيوسيلة في صورة غشاء محطم يقع ملاصقا لطبقة الأليرون.

وطبقة الأليرون Aleurone Layer تتركب من صف واحد من خلايا حية مكعبة الشكل، ذات نوى كبيرة، سميكة الجدر تحتوى على معظم البروتين الموجود في الحبة، وأحيانا تكون بعض مناطقها صفين من الخلايا. هذه الطبقة تغلف الاندوسبرم وتمثل احدى مكوناته.

والاندوسبرم في حبة الذرة يمثل جزؤها الأكبر، حوالى ٨٢٪ من وزن الحبة، خلاياه غير حية، رقيقة الجدر، خازنة للمواد المدخرة للجنين أثناء الانبات معظمها حبيبات نشا.

تتميز في الاندوسبرم نوعان، أحدهما الاندوسبرم القرنى Horny Endosperm يقع ملاصقا لطبقة الأليرون، وهو جامد لامع في مظهره، خلاياه أصغر حجما من الاخرى الموجودة وسط الحبة.

وحبيبات النشا معظمها عديد الأضلاع. تحتوى هذه الخلايا على مقدار من البروتين أكبر مما تحتويه خلايا الاندوسبرم النشوى. والنوع الثاني هو الاندوسبرم النشوى Starchy Endosperm يقع الى الداخل من الاندوسبرم القرنى، أبيض اللون، دقيقى المظهر خلاياه كبيرة الحجم، حبيبات النشا فيها مستديرة غالبا ذات سرة وسطية واضحة وتختلف نسبة كل من الاندوسبرم القرنى والنشوى في الحبة تبعا للصنف.

وجنين حبة الذرة مستقيم يوجد راقدا خارج الاندوسبرم على الجانب الأمامى للحبة وقريبا من قاعدتها يحميه غلاف الحبة. ويمثل الجنين حوالى ١٢٪ من الوزن الجاف للحبة، وهو غنى بالزيوت حيث تصل نسبة الزيت فيه الى حوالى ٦٪، والقصعة Scutellum أكبر أجزاء الجنين بيضاء اللون تشبه في شكلها الدرع وتحيط حافتها جزئيا بمحور الجنين. وتتركب القصعة من نسيج من خلايا بارنكيمية، سطحها الملاصق للاندوسبرم عبارة عن طبقة من صف واحد من خلايا طلائية، تتميز بشكلها الأسطوانى

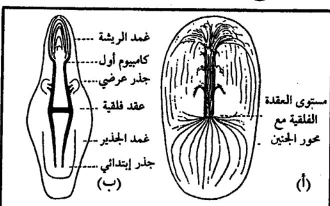
وجـدرهـا الرقيقة، ومحتوياتها البروتوبلازمية الكثيفة ونواتها الواضحة. يتميز في الطبقة الطلائية Epithelium فيما عدا جزؤها الطرفى، تجاويف تختلف في العمق والاتساع على هيئـة أقـماع أو شقـوق ضيقة أو انخفاضات غير عميقة، تكثر على الجزء العلوى من السطح الملاصق للاندوسبرم وعلى جناحى القصعة تغلفها الخلايا الطلائية.

والـريشـة Plumule تكـون محاطـة بغمـد الريشة Coleoptile وهو تركيب مخروطى الشكـل يمتد فيه حزمتان وعائيتان، واحدة عند كل من جانبيه تتصلان ببقية النسيج الوعائى لمحور الجنين. والمنطقة الواقعة بين العقدة الفلقية وعقدة غمد الريشة عبارة عن عنق واضح يسمى أحيانا السويقة الوسطى Mesocotyle والتي يرى البعض أنها تعتبر السـلامية الأولى في الجنين، وتتميز بوجود مرستيم بينى عند قمتها تحت مستوى عقدة غمد الريشة.

والجذير يكون محاطا بغمد الجذير Coleorhiza يغطى طرفه بقلنسوة واضحة. وغمد الجذير عبارة عن تركيب من خلايا بارنكيمية رقيقة الجدر وخال من الانسجة الوعائية.

وتتركب الريشة من مرستيم قمى يحيط به حوالى خمس وريقات جنينية Embryonic Leaves بالاضافة الى بدايات الأوراق. وغمد الريشة يكون مغلقا فيما عدا فتحة صغيرة عنـد قمتـه. ويوجـد بدايتـا جذران عرضيان جنينيان Seminal Adventitious Roots وأحيانـا أكثـر يخرجـان من محور الجنـين فوق مستـوى العقدة الفلقية مباشرة. ويوجد للجذير جهاز وعائى متميز، بالاضافة الى القلنسوة Root Cap.

والجهـاز الـوعائى في جنين الذرة Zea يتركب جزئيا من حزمة وعائية رئيسية تمتد في القصعـة وتتفرع على طول امتدادها الى فروع دقيقة. وفي الجزء القاعدى من الفلقة، توجد عدة فروع وعائية تمتد من الحزمة الوعائية الرئيسية في اتجاه قاعدة الفلقة، تبدو مثل ضلوع المروحة. والحزم الوعائية في الفلقة تلتقى معا عند مستوى العقدة الفلقية وتمتد منها الى داخل محور الجنين حيث تلتقى مع نسيجه الوعائى (شكل ٩)



شكل (٩):

أ - رسم تخطيطى لمنظر أمامى للقصعـة في حبـة الذرة يوضـح تركيب الجهـاز الوعائى بها.

ب - رسم تخطيطى لمنظر أمامى لمحور جنين الذرة يوضح تركيب جهازه الوعائى.

الفصل الرابع

إنبات البـذور GERMINATION OF SEEDS

- بذور ذوات الفلقتين
  * بذرة القطن
  * بذرة الطماطم
- بذور ذوات الفلقة الواحدة
  * بذرة البصل
  * بذرة البلح
  * حبة الذرة.

الفصل الرابع

انبـــات البـــذور

GERMINATION OF SEEDS

تحتـوى البـذور الناضجة الحية على غذاء مدخر يستخدمه الجنين خلال الانبات. يخزن هذا الغـذاء في الأنـدوسبرم كما في الطماطم والذرة، أو في البريسبرم كما في بنجر السكر وببروميا Peperomia أو في الفلقات كما في الفاصوليا والبازلاء.

في كثيرمن النباتات المائية عديمة الاندوسبرم او التي يكون فيها الاندوسبرم شحيحا، يخزن الغذاء في السويقة تحت الفلقية وتصبح متضخمة، كما في العائلة Potamogetonaceae والفربينيا Verbenaceae والشوكية Cactaceae. والعائلة الأوركيدية تتميز بعدم احتواء بذورها على غذاء مخزون للجنين، ولهذا تمثل طرازا خاصا في تركيب البذور وانباتها.

وتؤدى عملية الانبات الى تكوين بادرة Seedling جنين البذرة. ويطلق لفظ البادرة على النبتة الصغيرة الناتجة عن جنين البذرة ابتداء من ظهور أى جزء من أجزاء الجنين خارج القصرة حتى المرحلة التي تصبح فيها قادرة على تجهيز غذائها بواسطة أعضائها. البـادرة العـادية، طبقا للقواعد الدولية لاختبار البذور، هي القادرة على تكوين نبات عادى اذا ماكانت تنمو تحت ظروف عادية. هذه القدرة على استمرار النمو تتوقف على مدى سلامة قيام أجزائها بوظائفها خلال الانبات. وتنحصر خطوة الانبات الاولى في تشرب أنسجة البذرة الداخلية للماء الأمر الذي يؤدى الى زيادة ملحوظة في حجم البذرة تتراوح بين ٢٥-٢٠٠٪، كما تصبح قصرة البذرة، تبعا لذلك، لينة. وزيادة نسبة الماء في القصرة تتبعهـا زيادة ملحـوظـة في درجة نفاذيتها للأكسجين وثانى أكسيد الكربون، ويصبـح تمزقهـا ميسورا بزيادة حجم البذرة. بارتفاع نسبة الماء في خلايا البذرة تنشط الأنـزيمات فيهـا، وفي البـذور الانـدوسـبرمية تنتقـل هذه الانـزيمات من الجنـين الى الأنـدوسـبرم. الغذاء المدخر سواء كان في الاندوسبرم او البريسبرم أو الفلقات يهضم

بواسطة الأنزيمات وتنتقل المواد الذائبة الناتجة عن عملية الهضم الى مناطق النمو في الجنين حيث تستخدم في عمليات انقسام الخلايا واستطالتها لتكوين البادرة. وتمزق القصرة خلال الانبات يحدث نتيجة لزيادة حجم الجنين أو أجزاء محددة منه مثل الجذير أو السويقة تحت الفلقية أو غمد الريشة.

ويستدل على حدوث الانبات باختراق أى جزء من الجنين لقصرة البذرة. لاتوجد قاعدة عامة يستدل بها على جزء الجنين الذي يظهر أولا خارج القصرة، وان كان في كثير من البذور يكون الجذير هو أول اجزاء الجنين ظهورا عند الانبات. في بعض النباتات تكون الفلقة هي أول الأجزاء ظهورا كما في البلح Phoenix dactylifera أو مزمار الراعى Alisma plantago أو Butomus unbellatus وهما من العائلة الألزمية، أو غلاف الجذير Coleorhiza كما في الذرة Zea mays والشوفان Avena sativa. في نبات ترادیسکانتا Tradescantia تكون الفلقة مطمورة في الأندوسبرم، غير أن جزء الجنين الذي يظهر أولا خارج البذرة هو غلاف الريشة والذي يكون متصلا جزئيا بالفلقة وجزئيا بالسويقة تحت الفلقية. قد تكون السويقة تحت الفلقية، كما في بعض أنواع جنس ببروميا Peperomia هي الجزء الذي يظهر أولا خارج القصرة الممزقة.

وتبعا لما تقدم، يمكن تعريف الانبات في البذور بأنه مجموعة من الخطوات المتتابعة التي تؤدى الى تنشيط عمليات التحول الغذائى في بذرة حية، ذات محتوى مائى منخفض ينتج عنها تكوين البادرة من جنين البذرة. يستدل على الانبات بتمزق القصرة وظهور أى جزء من الجنين، خارج البذرة، والذي يكون الجذير غالبا.

تنبت بذور الكثير من النباتات بمجرد نضجها وانفصالها عن النبات اذا كانت الظروف البيئية ملائمة لها. فمثلا، تنبت بذور البازلاء Pea أحيانا وهى لاتزال داخل الثمرة، وقد تنبت حبوب الذرة Zea وهى مازالت متصلة بالكوز على النبات، وكثيرا تنبت بذور الموالح وهى لاتزال داخل الثمرة. في البرسيم الحجازى Medicago ينبت العديد من البذور داخل القرن حلزونى الشكل، وفي جنس Inga يسقط الجنين من القرن وينبت في التربة عندما ينفتح القرن. وعلى العكس من ذلك، لاتنبت بذور أنواع أخرى من النباتات الا بعد انقضاء فترة من الزمن تتراوح بين أسابيع أو شهور أو سنوات، رغم ان الظروف البيئية تكون مناسبة للانبات. وترجع أسباب ذلك الى عوامل داخلية في البذرة مثل الاجنة البدائية أى غير مكتملة التكوين، او الساكنة، أوعدم نفاذية القصرة للماء والغازات، وتسمى هذه الحالة بالسكون Dormancy في البذور. في كثير من أنواع النباتات، رغم أن الجنين يكون مكتمل التكوين عند نضج البذرة، فإن البذرة لاتنبت رغم توفر ظروف الانبات. يرجع ذلك الى عوامل فسيولوجية داخل

الجنين، كما هو الحال في بذور التفاح والخوخ والايريس . والانبات في هذه البذور يحدث بعد مرور فترة مابعد النضج After-ripening تحدث خلالها تغيرات فسيولوجية في الجنين تجعله قادرا على النمو وتكوين بادرة، كما قد يحدث خلالها أيضا تغيرات في طبيعة قصرة البذرة، وقد تستغرق هذه الفترة بضعة شهور أو سنة أو أكثر .

وتختلف البذور بدرجة كبيرة في مدى احتفاظها بقدرتها على الانبات وتكوين البادرة تبعا لنوع النبات وظروف البيئة التي تتعرض لها خلال التخزين . عادة، تتراوح الفترة التي تحتفظ خلالها بذور معظم الحاصلات الحقلية بقدرتها على الانبات ما بين سنة وثلاث سنوات . هناك بذور تفقد قدرتها على الانبات أى حيويتها Viability خلال أسبوع مثل الاسفندان Acer Saccharinum والصفصاف Salix. وبذور أشجار المطاط من جنس هيفيا Hevea والشاى Tea وقصب السكر تفقد حيويتها في أقل من عام .

وتصنف البادرات تبعا لوضع الفلقات عند الانبات الى نوعين :

١ - **الانبات الهوائى** Epigeal Germination وفيه تظهر الفلقات فوق سطح التربة نتيجة لنمو السويقة الجنينية تحت الفلقية، وعادة تقوم الفلقات بعملية البناء الضوئى . وانبات معظم بذور النباتات ذات الفلقتين هوائى . في هذا النوع ينمو طرف الجذر والسويقة السفلى بسرعة، وتؤدى استطالتها الى سحب الفلقات من أغلفة البذرة . وفي ذوات الفلقة الواحدة التي يكون الجذر الأصلى فيها ضعيفا أو غير متكشف، تتكون شعور جذرية عند قاعدة السويقة .

٢ - **الانبات الأرضى** Hypogeal Germination وفيه تبقى الفلقات تحت سطح التربة أثناء عملية الانبات محاطة بالقصرة، نتيجة لعدم استطالة السويقة تحت الفلقية . ولقد وجد أن انبات معظم البذور ذوات الفلقة الواحدة يكون أرضيا . والعائلة الفراشية من ذوات الفلقتين تتميز بتنوع انبات بذورها . والريشة Plumule تكون أكثر نموا وتكشفا في البذور ذات الانبات الأرضى عنها في نظيرتها ذات الانبات الهوائى .

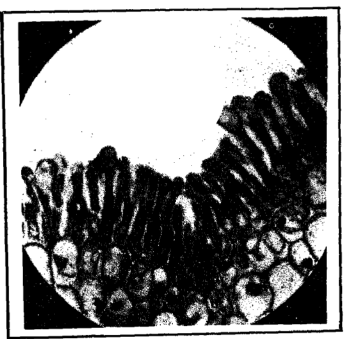
وظائف فلقات الأجنـــــة

الفلقة، في بذور النباتات ذات الفلقة الواحدة متطاولة في شكلها، غالبا ذات قاعدة مغلفة للريشة، وقد يتنوع شكلها في نفس العائلة كما في العائلة النخيلية Arecaceae والنجيلية Poaceae. وتتنوع تخصصات الفلقة في النباتات ذات الفلقة الواحدة، ومن هذه التخصصات مايأتى :-

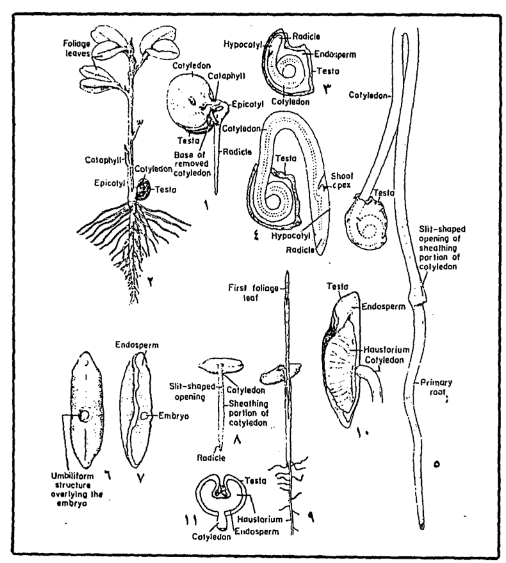
١ — الفلقة كعضو متخصص في الامتصاص توجد في كثير من عائلات ذوات الفلقة الواحدة، تمثل عضوا عالى التخصص في النباتات النجيلية والعائلة السعدية

Cyperaceae حيث تتعدد وظائفها . وفي النجيليات تتركب الفلقة من القصعة Scutellum وغمد الريشة Coleoptile. القصعة تتخصص في افراز الأنزيمات لهضم الأندوسبرم، وتزداد الخلايا الطلائية، المغلفة لسطحها، في الحجم وتصبح صولجانية الشكل وتتغلغل بين خلايا الأندوسبرم وتمتص الغذاء الذائب لنقله الى محور الجنين (شكل ١٠). غمد الريشة يقوم بالحماية خلال الانبات وتخرج الأوراق الخضراء من فتحة عند قمته حينما تصل فوق سطح التربة. القصعة في هذه النباتات تبقى داخل البذرة وتعمل كعضو ماص .

٢ — في العائلة الزنبقية Liliaceae مثلا في جنس Paris تخضر الفلقة كلها وتقوم بعملية البناء الضوئى ولا تقوم بعملية الامتصاص. بينما في العائلة النرجسية Amaryllidaceae وفي نبات البصل Allium Cepa (شكل ١١) تقوم قاعدة الفلقة بحماية الريشة، بينما يبقى طرفها مطمورا في الأندوسبرم لفترة يقوم خلالها بامتصاص المواد الذائبة، بعد هضمها بواسطة الأنزيمات التي أفرزتها الفلقة. ينمو بقية جسم الفلقة ويظهر فوق سطح التربة مع بقايا البذرة، التي تسقط، ويخضر جسم الفلقة لتقوم بعملية البناء الضوئى. في العائلة السمارية Juncaceae يمثل طرف الفلقة الجزء الذي يبقى داخل البذرة ويتخصص في الامتصاص بينما الجزء الباقى يخضر خارج البذرة ويقوم بالبناء الضوئى



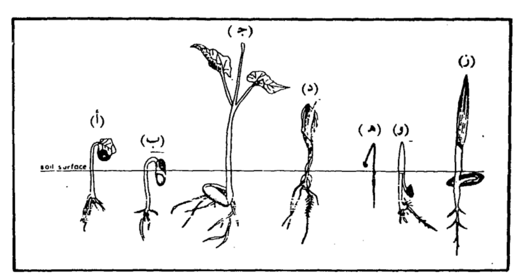
(شكل ١٠): قطاع عرضى في جزء من القصعة لجنين ذو فلقة واحدة يوضح خلايا الطبقة الطلائية خلال مرحلة الانبات.



(شكل ١١): رسوم تخطيطية لمراحل الانبات في البذور.
(١ ، ٢) بذرة الفول البلدى
(٣ ـ ٥) بذرة البصـــل.
(٦ ـ ١٠) بذرة نخيل البلح.

٣ — في بذور النخيل Phoenix يتضخم طرف الفلقة المطمور في الأندوسبرم، ويعمل كعضو ماص للغذاء الذائب من الأندوسبرم، بينما ينمو باقى الفلقة خارج البذرة مكونا غلافا فلقيا لحماية الريشة الموجودة محاطة بغمدها (شكلى ١١ ، ١٢).

ولقد وجد أن طرف الفلقة الماص يختلف كثيرا في الشكل، وعادة يكون أسطوانيا أو صولجانيا، خيطيا أو كرويا اذا كان صغيرا. وطرف الفلقة الذي يبقى داخل البذرة،

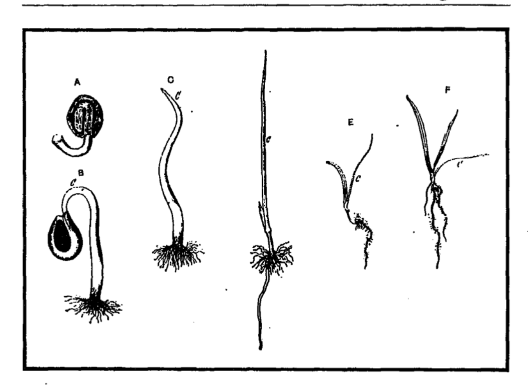


(شكل ١٢): رسوم توضيحية لتركيب البادرات ، (أ) الخروع انبات هوائى ، (ب، ج) الفاصوليا انبات هوائى وأرضى ، (د) الذرة انبات أرضى ، (هـ) البصل إنبات هوائى ، (و) ترادیسکانتیا ، (ز) البلح انبات أرضى .

خلايا البشرة الملاصقة للأندوسبرم ، يكون عماديا الشكل . وسطح هذه الطبقة الخلوية قد يكون أملسا أو على شكل حلمات . وقد يزداد هذا الطرف في الحجم ويتغير في الشكل خلال الانبات .

٤ — بعض النباتات المائية عديمة الأندوسبرم ، ويخزن غذاء الجنين اما في الفلقة أو السويقة تحت الفلقية ، وقد يكون الجذير غير مكتمل التكوين . في نبات مزمار الراعى Alisma plantago تكون البذور غير أندوسبرمية - وخلال الانبات تظهر السويقة تحت الفلقية من البذرة ، وتثبت البادرة في التربة بواسطة حلقة من شعيرات جذرية تنشأ من قاعدة السويقة (شكل ١٣) . والفلقة اسطوانية الشكل تحيط قاعدتها بالريشة . تنمو هذه الفلقة ساحبة نفسها من داخل القصرة ويستقيم محورها لتظهر أوراق الريشة مخترقة قاعدتها ، وفي خلال هذه الفترة ، يكون الجذير قد استكمل تكوينه وينمو مكونا الجذر الابتدائي .

٥ — في العائلة السعدية Cyperaceae تنمو الفلقة أولا وتخترق غلافها قصرة البذرة ، ويتجه الى أعلا محيطا بالريشة . وتثبت البادرة في التربة بحلقة من شعور طويلة تنمو من قاعدة غلاف الريشة ، ربما يمثل هذا الجزء السويقة تحت الفلقية غير المتكشفة . والجزء الأوسط من الفلقة ينمو دافعا الجذير الى خارج البذرة لينمو عموديا في التربة ، بينما نهاية الفلقة تبقى في البذرة وتنتفخ حيث تقوم بامتصاص الغذاء من الأندوسبرم ، مالئة فراغ



(شكل ١٣) : رسم تخطيطي يوضح مراحل انبات وتطور البادرة في نبات مزمار الراعى .

البذرة . وتخرج الورقة الأولى الخضراء من قمة غلاف الريشة . ويختلف هذا الطراز عن النجيليات ، ويشبه ما يحدث في العائلة النخيلية .

يتضح مما تقدم أن الوظائف الرئيسية للفلقة في البذور ذوات الفقة الواحدة تتضمن افراز الأنزيمات لهضم الغذاء المدخر وامتصاص الغذاء الذائب ، والقيام بعملية البناء الضوئى ، وحماية الريشة خلال الانبات ، ودفعها خارج البذرة .

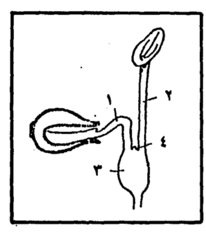
في معظم ذوات الفلقتين ، تكون الفلقة عضوا بسيط التركيب ، كبيرة الحجم نوعا تماثل نظيرتها المقابلة لها على محور الجنين . وخلال الانبات تصبح الفلقتان اما هوائية أو أرضية الوضع ، ومعظم ذوات الفلقتين هوائية الانبات . وكثير من عائلات ذوات الفلقتين تكون بذورها خالية من الأندوسبرم مثل المركبة Asteraceae والقرعية Cucurbitaceae والصليبية Brassicaceae . وبعض العائلات ذات أجناس بذورها أندوسبرمية وغيرها عديمة الاندوسبرم مثل الفراشية Fabaceae والوردية Rosaceae . ومن التخصصات الخاصة بالفلقات في بذور النباتات ذات الفلقتين مايأتى :-

١ — بعض البذور عديمة الأندوسبرم مثل الفول البلدى Vicia faba والبازلاء Pisum sativum وتنحصر وظيفة الفلقات في تخزين غذاء الجنين وامداده بهذا الغذاء خلال الانبات . وبذور الفاصوليا Phaseolus vulgaris أيضا عديمة الأندوسبرم ، وانباتها هوائى

(شكل ١٢)، حيث تقوم الفلقتان بامداد الجنين بحاجته من الغذاء وتظهران فوق سطح التربة ثم تذبلان وتسقطان. وفي بعض الأحيان، كما في الترمس Lupinus termis تخضر الفلقتان عند ظهورهما أعلى سطح التربة وتقومان بعملية البناء الضوئى.

٢ — في بذور الخروع والطماطم تقوم الفلقتان بافراز الأنزيمات التي تهضم غذاء الجنين المدخر في الاندوسبرم وامتصاص المواد الذائبة وتنقلها الى أجزاء الجنين، وعندما تظهر الفلقات فوق سطح التربة، تقوم بعملية البناء الضوئى، وفي هذه الحالة يكون شكلها بسيط مخالفا للأوراق التي تتلوها في التكشف (شكل ١٢).

٣ — بالاضافة الى تخصص الفلقات في تخزين الغذاء، وامتصاصه من الأندوسبرم أو البريسبرم، والقيام بعملية البناء الضوئى. فالفلقة في ببروميا Peperomia peraviana تسحب خارج البذرة وتقوم بعملية البناء الضوئى، بينما الفلقة الأخرى تبقى فى البذرة وتقوم بعملية الامتصاص، وقد تتضخم في حالة أخرى فتشغل معظم فراغ البذرة (شكل ١٤).



(شكل ١٤): رسم تخطيطى يوضح الانبات في بذور ببروميا لاحظ أن احدى الفلقتين (١) بقيت بالبذرة تعمل كعضو ماص بينما الأخرى، (٢) خرجت من البذرة لتقوم بالبناء الضوئى، (٣) السويقة تحت الفلقية، (٤) الريشة.

انبـــــات البــــــذور ذوات الفلقتين

GERMINATION OF DICOTYLEDONOUS SEEDS

١ ــ بذرة القطن Cotton Seed

تتركب بذرة القطن من القصرة Testa والجنين Embryo. ويخزن غذاء الجنين في الفلقتين، وتحيط الفلقتان بالسويقة فوق الفلقية وتغلفان السويقة تحت الفلقية. يعتبر انبات بذرة القطن هوائيا Epigeal لأن الفلقتان المتورقتان تظهران فوق سطح الأرض نتيجة لاستطالة السويقة تحت الفلقية. والأوراق الفلقية في القطن رقيقة كلوية الشكل خضراء تقوم بعملية البناء الضوئى.

خلال نمو السويقة تحت الفلقية الى أعلى يكون طرفها في أول الأمر منحنيا ليحمى الـريشـة، التي تكون بين قاعدتى الفلقتين. وعندما تظهر السويقة فوق الفلقية أعلى سطح الـتربـة، يستقيم جزؤها الطرفي وتنفرج الفلقتان لتظهر الريشة Plumule حيث تتعـرض للضوء والهواء. وخلال هذه المراحل من الانبات ينمو الجذير Radicle خلال نقير البذرة ليتكون عنه الجذر الابتدائى Primary root كما تنمو الريشة مكونة الأوراق الأولى الخضراء للنبات.

٢ ـ بـذرة الطمـاطم Tomato Seed

بذرة الـطماطم انـدوسبرمية، تتركب من القصرة والجنين محاطا بالأندوسبرم، وتعتبر السـويقـة تحت الفلقية أكـبر أجزاء الجنين. يخزن غذاء الجنين في نسيج الأندوسبرم. وخـلال الانبـات تقـوم الفلقتان بامتصاص الغذاء اللازم للجنين من الأندوسبرم بعد تحويله الى غذاء مهضوم. وعندما تظهر السويقة تحت الفلقية فوق سطح التربة تنفرج الفلقتـان بعد أن تتحررا من القصرة بنفاد الأندوسبرم، وتكبران وتقومان بعملية البناء الضـوئى. وخلال الانبات أيضا ينمو الجذير مكونا الجذر الابتدائى، كما تنمو الريشة مكـونـة المجمـوع الخضرى للنبات. وانبات بذور الطماطم يشبه إنبات بذور الخروع والكتان والخس Lactuca sativa وغيرها من بذور كثير من النباتات ذات الفلقتين في كون إنباتها هوائيا .

انبات البذور ذوات الفلقة الواحـــدة

GERMINATION OF MONOCOTYLEDONOUS SEEDS

١ ـ بذرة البصل Onion Seed

تتركب بذرة البصل من القصرة والجنين مطمورا في الأندوسبرم. وتعتبر الفلقة Cotyledon أكبر أجزاء الجنين، والسويقة السفلى قصيرة، أما العليا فهى محاطة بالجزء القـاعدى من الفلقة وتحمل بداية برعم. انبات بذور البصل هوائى، يبدأ بنمو الجزء الأوسط القاعدى من الفلقة الأمر الذي يؤدى الى ظهور الجذير مخترقا قصرة البذرة عند النقير، يتلوه السويقة تحت الفلقية. يتبع هذه المرحلة ظهور الفلقة ماعدا طرفها الذي يبقى داخـل البذرة مطمورا في الأندوسبرم ويعمل كعضو ماص لافراز انزيمات تهضم الغذاء المدخر في الأندوسبرم وامتصاص الغذاء المهضوم ونقله الى باقى اجزاء الجنين من خلال النسيج الوعائى الذي يمتد في الفلقة وباقى اجزاء الجنين (شكل ١١).

وبتقدم الانبات، ينمو الجذير الى أسفل ويستمر جزء الفلقة الخارجى أيضا في النمو

متجها الى أعلى. ويؤدى ذلك الى تكوين انثناء حاد على شكل ركبة Knee ، أحد طرفية ممتد الى داخل البذرة والأخر يصل حتى العقدة الفلقية حيث قاعدة الفلقة تحيط بالسويقة تحت الفلقية. ويؤدى استمرار النمو في جزئى الفلقة الى ظهور الركبة فوق سطح التربة. ثم يحدث بعد ذلك اختلاف في معدل نمو طرفى الفلقة حيث ينمو الجزء المتصل بالسويقة تحت الفلقية أسرع من نظيره الموجود داخل البذرة. ونتيجة للنمو غير المتماثل، يسحب طرف الفلقة الموجود داخل البذرة الى خارج التربة وقد يحمل معه بقايا البذرة. وبعد أن يظهر على سطح التربة يخضر لونه مع بقية جزء الفلقة الموجود فوق السطح، ويقوم بعملية البناء الضوئى. خلال نمو الفلقة، تنمو الريشة وتخرج الأوراق من الفتحة الطولية الموجودة قريبا من قاعدة الفلقة الغمدية، وتتبعها باقى الأوراق بالتبادل. وعمليات النمو التي تحدث في الفلقة والريشة يسايرها نمو في الجذر مكونا الجذر الابتدائي وتتكون عليه الشعيرات الجذرية، وينشأ جذران عرضيان أو ثلاثة عند قمة السويقة السفلى. أما محور الساق الذي تنمو منه الأوراق، يكون قصيرا بطيء النمو. ويؤدى تجمع قواعد الأوراق حوله الى تكوين البصلة Bulb.

٢ — بذرة البلح Date Palm Seed

نبات البلح Phoenix dactylifera من العائلة النخيلية Arecaceae يزرع أساسا لثماره التي تؤكل كغذاء. وبذرة البلح، تنشأ عن بويضة ذات غلاف واحد. البذرة أسطوانية الشكل، مستطيلة ضيقة جامدة يبلغ طولها حوالى بوصة، تغطى بقصرة رقيقة ذات لون بنى تلتصق تماما بالأندوسبرم. وأحد سطحى البذرة مستدير نوعا يوجد في وسطه تقريبا انخفاض صغير جدا مستدير يحدد موضع الجنين داخل البذرة. أما السطح الأخر للبذرة فيتميز بوجود تجويف طولى مغطى بشعور جافة.

والأندوسبرم قرنى جامد نصف شفاف خلاياه سميكة الجدر يشغل حيز البذرة عدا جزء ضئيل يشغله الجنين الذي يوجد تحت القصرة، ويتعذر تمييز أجزائه بالعين المجردة. ويتركب الجنين من فلقة واحدة تميل الى الشكل المخروطى، ينشأ عن قاعدتها غلاف يحيط بمحور الجنين يسمى غلاف الفلقة Cotyledonary sheath كما تحاط الريشة أيضا بغلاف آخر يسمى غمد الريشة Coleoptile.

وانبات بذرة البلح أرضى Hypogeal (شكل ١١) ويستغرق فترة طويلة. وأول أجزاء الجنين ظهورا من البذرة هو الجزء القاعدى من الفلقة الذي يسمى غلاف الفلقة، يحتوى بداخلة على الريشة التي تكون محاطة بغمدها وكذلك الجذير، ليضع محور الجنين في المستوى الملائم للنمو. الجزء الآخر من الفلقة يظل داخل البذرة، يتضخم تدريجيا،

ويقوم بافراز الأنزيمات لاذابة الغذاء المدخر في الأندوسبرم وامتصاصه ونقله لبقية أجزاء الجنين. وجزء الفلقة المتطاول الذي يقع بين طرفها الماص داخل البذرة وغلاف الفلقة يسمى عنق الفلقة Cotyledonary Stalk.

بتقدم الانبات ينمو الجذير الى أسفل مخترقا غلاف الفلقة مكونا فيها بعد الجذر الابتدائى. وخلال نفس الفترة تنمو الريشة الى أعلى محاطة بغمدها حتى تصل الى سطح التربة فيتوقف الغمد عن الاستطالة. وبعد أن يصبح غمد الريشة فوق سطح التربة تنفذ، من شق طولى عند قمته، أول ورقة خضراء للبادرة تكون بسيطة، كاملة الحافة، رمحية الشكل.

عند هذه المرحلة، يكون الأندوسبرم قد استهلك، ويذبل العنق الفلقى ويجف، كما يجف ويضمر الجزء الماص، ويتحلل في التربة. وتظهر جذور عرضية من قاعدة الريشة يتكون عنها مجموعا جذريا عرضيا.

٣ — حبة الذرة Corn Grain

يعتبر انبات حبة الذرة نموذجا لانبات حبوب الغلال مثل القمح والشعير، وجميعها اندوسبرمية وانباتها أرضى، وتقوم القصعة Scutellum خلال الانبات بوظيفتها كعضو ماص يفرز الانزيمات لهضم الغذاء المدخر في الأندوسبرم وامتصاص الذائب منه ونقله الى محور الجنين من خلال النسيج الوعائى.

عند الانبات ينتفخ الجنين ويضغط على غلاف الحبة فيمزقه، ويستطيل غمد الجذير، وبداخله الجذير، متجها الى أسفل، ثم يتمزق هذا الغمد ويبرز منه الجذير الذي يستمر في النمو مكونا الجذر الابتدائى. خلال نمو الجذير، يستطيل غمد الريشة متجها الى أعلى وبداخله الريشة. ويساعد طرف الغمد المدبب على المرور بين حبيبات التربة حتى يظهر فوق سطح التربة، وبذلك تكفل الحماية الكاملة لوريقات الريشة وقمتها المرستيمية دون أن تتمزق.

ويساعد استطالة السويقة الوسطى، الناتجة عن نشاط المرستيم البينى الموجود تحت عقدة غمد الريشة، في دفع غمد الريشة الى خارج سطح التربة (شكل ١٢).

وعندما يصل طرف غمد الريشة الى فوق سطح التربة، تأخذ أول الأوراق الخضراء في الظهور من فتحة صغيرة عند قمته. وفي نفس الفترة يبدأ زوج الجذور الجنينية Seminal roots في النمو من المنطقة الواقعة مباشرة فوق العقدة الفلقية أى من السويقة الوسطى Mesocotyl ويتجهان الى أسفل.

وحبة الذرة تبقى دائما تحت سطح التربة وبداخلها القصعة التي يزداد حجمها

لتتمكن من الاستفـادة من جميع الغذاء المخزن حتى طرف الحبة. والغذاء المخزن في نسيج الأنـدوسـبرم يكـون كافيا لحـاجـة البـادرة حتـى تعتمـد علـى أعضـائهـا مـن مجمـوع خضـرى وجذرى.

الفصل الخامس

الجـــــذور THE ROOTS

- أنواع الجذور
- مناطق الجذر
- الجذور المتخصصة
- التكاثر بواسطة الجذور
- الجذور عديمة الشعيرات الجذرية
- الجذور في النباتات المتطفلة
- العقد الجذريـــة

الفصل الخامس

الجـــــــذور

THE ROOTS

يتركب جسم النبات الزهرى من جزئين رئيسيين هما: المجموع الخضرى Shoot System والمجموع الجذرى Root System. المجموع الخضرى ينمو عادة فوق سطح الأرض ويتألف من الساق بما تحمله من أفرع وأوراق، بينما المجموع الجذرى ينمو عادة تحت سطح التربة. ومن الصفات الهامة التي تتميز بها الجذور عن السيقان ما يأتي:

١ ــ عدم وجود عقد وسلاميات، ولاتحمل أوراقا أو براعم أو أزهار.

٢ ــ تغطى قمة الجذر بنسيج واق لها يسمى القلنسوة.

٣ ــ وجود شعيرات جذرية متخصصة في امتصاص الماء والذائبات.

٤ ــ تنشأ جذور جانبية Lateral roots داخليا Endogenous من خلايا الطبقة المحيطة Pericycle للجـذر الأب بينما تنشأ فروع الساق من مرستيمه القمى. في بعض النباتات، تنشأ براعم عرضية على الجذور وتنمو الى سيقان.

وظائف المجموع الجذرى

١ ــ تثبيت النبات في التربة.

٢ ــ امتصاص الماء والمواد الذائبة من التربة وتوصيلها الى ساق النبات.

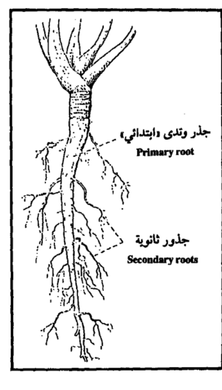
٣ ــ اختزان المواد الغذائية لفترة محدودة.

٤ ــ وظائف أخرى متخصصة.

أنواع الجذور

١ ــ المجموع الجذرى الوتدى Tap–Root System

تتميز الغالبية العظمى من النباتات ذوات الفلقتين بوجود جذر رئيسى يسمى الجذر الوتدى Tap–Root والذي كثيرا مايسمى بالجذر الابتدائي Primary root (شكل ١٥).



(شكل ١٥): الجذر الوتدى وتفرعاته الجانبية في نبات الهندباء البرى.

وينشـأ الجذر عن نمو جذير جنين البذرة، ويبقى طوال حياة الغالبية العظمى من النباتات ذوات الفلقتين. يكون هذا الجذر سميكا عند منطقة التقائه بالساق ويستدق تدريجيا تجاه الطرف. ويتألف من الجذر وأفرعه الجانبية مجموعا جذريا يسمى المجموع الجذرى الـوتـدى. الأفـرع الجذرية التي تنشأ على الجذر الابتدائى وتفرعاته تترتب في صفوف رأسية، تسمى الجـذور الجـانبية Lateral roots. تنشـأ هذه الجذور داخليا من الطبقة المحيطة للجذور الأب.

وتشـاهـد الجـذور الجانبية مرتبة في تعاقب قمى Acropetal seccession بمعنى أن أحـدثهـا يقع أقرب مايمكن من قمة الجذر بينما أكبرها سنا وأكثرها طولا يكون أقرب مايمكن للقـاعـدة، ونتيجة لذلـك الترتيب يصبح الشكل العام للمجموع الجذرى الوتدى مخروطيا. والجذور الجانبية الناشئة من الجذر الابتدائى تسمى الجذور الثانوية Secondary Roots والتي تنشأ من الجذور الثانوية تسمى الجذور الثالثة Tertiary Roots. وبعض النباتات تتكون لها جذور رابعة وحتى خامسة أو سادسة أو سابعة. في جذور النباتات ذات الفلقتين المعمرة، يصبح الجذر الوتدى وأفرعه المسنة خشبية، وحينئذ تقوم هذه الجـذور بنقـل الماء والذائبات والتخزين. وبصفة أساسية تقوم بتثبيت النبات في الـتربـة، أمـا عملية الامتصـاص من الـتربة فان الأفرع الجذرية الصغيرة ذات النمو الابتدائى هي التي تمثل مراكزها الرئيسية.

والجذور المختصة بالامتصاص تكون صغيرة، سهلة التكسر ولا تعيش طويلا.

ويختلف مدى تعمق المجموع الجذرى وتفرعه في التربة تبعا لنوع النبات وعوامل البيئة المحيطة مثل نوع التربة ومقدار الرطوبة بها ودرجة الحرارة ومقدار المواد الغذائية. في كثير من النباتات، يشغل المجموع الجذرى الوتدى حيزا في التربة أكبر من الذي يشغله المجموع الخضرى لنفس النبات في الهواء، فمثلا، وجد أن المجموع الجذرى لنبات برسيم حجازى Medicago sativa يشغل حيزا بلغ قطره ثلاثة أقدام وعمقه عشرة أقدام، بينما لايزيد ارتفاع الساق عن أربعة أقدام، حينما كان عمرها ثلاث سنوات، وقد يتوغل الجذر الابتدائى الى حوالى عشرين قدما أو أكثر.

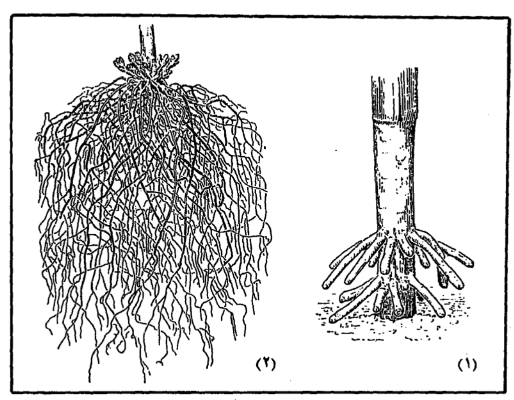
والجـذر الوتدى لنبات البنجر يتعمق حوالى ٥ـ٦ أقدام بينما الكتان ٣ـ٤ أقدام وفي القرعيات ٣ـ٤ أقدام والقطن حوالى ٧ قدم. وكثيرا مايمتد الجذر الوتدى للأشجار الى عمق قد يصل الى حوالى ثلاثين قدما.

٢ — الجذور العرضيـــة Adventitious Roots

لا يعيش الجذر الابتدائى طويلا في النباتات ذات الفلقة الواحدة، ويقوم بوظائفه جذور أخـرى تنشـأ غالبـا من العقد السفلى المتقاربة للساق تحت سطح التربة تسمى الجذور العرضية (شكل ١٦). في كثير من حبوب الغلال مثل القمح والذرة والشعير، توجد بدايات جذرية عرضية تنشأ في السويقة الوسطى للجنين، بالاضافة الى الجذير، تعرف باسم الجذور البذرية العرضية Seminal adventitious roots. تموت هذه الجذور الجنينية أو بعضها بعد تكوين الجـذور العرضية. تنشأ الجذور العرضية أيضا عند عقد وسلاميات السيقان الهوائية لبعض النباتات مثل البيجونيا Begonia وحبل المساكين Hedera helix وعلى السيقان الأرضية، مثل الكورمات والريزومات والأبصال ومصاحبة للبراعم العرضية كما في أوراق البيجنونيا begonia وعلى عقل بعض السيقان مثل العنب والورد عند زراعتها.

وفي نبات قصب السكر تنشأ جذور عرضية عن أصول جذرية توجد فوق عقد عقل الساق. هذه الأصول تبقى كامنة حتى زراعة العقل في ظروف بيئية ملائمة للنمو.

وعادة تتفرع الجذور العرضية بدرجة كبيرة، وقليلا يكون تفرعها ضئيلا أو معدوما. في النبـاتـات النجيلية، مثل الذرة والقمح، تتكون جذور عرضية من العقد القاعدية للسـاق، وتكـون رفيعة متماثلة السمك تقريبا لايحدث فيها نمو ثانوى، غزيرة التفرع كثيرة العدد، تساعد الجذر الأصلى وتحل محله غالبا. ويطلق على هذا النوع من الجذور المجموع الجذرى الليفى Fibrous root system.



(شكل ١٦): ١ - الجذور الدعامية لنبات الذرة الشامية.
٢ - الجذور العرضية الليفية.

والمجموع الجذرى في ذوات الفلقة الواحدة يكون عرضيا، وتشغل الجذور العرضية حيزا كبيرا في التربة، فمثلا، وجد Dittmer أن نباتا واحدا من الشوفان Avena sativa ارتفـاعه حوالى ٢٠ بوصة، يتألف مجموعه الجذرى الليفى من ١٤ مليون فرع جذرى طولها الكلى حوالى ٣٨٠ ميل، ومسطحها أكثر من ٢٥٠٠ قدم مربع. وظهر من دراسة أخرى على نبات الذرة أن الطول الكلى لجذوره يبلغ حوالى ٣٢٠ قدم ويشغل حيزا في التربة حوالى ٢٣٠ قدم مكعب، وقد يصل عدد الجذور العرضية في نبات جوز الهند الى حوالى سبعة آلاف جذر.

مناطـق الجـــــذر ROOT ZONES

الجذر الابتدائى الحديث اسطوانى الشكل، طرفه رفيع خالى من أى نموات جانبية عنـدما يفحص قطاع طولى نصفى في الجزء الطرفى من جذر حديث بواسطة المجهر، ويمكن تمييز بضع مناطق مرتبة من طرفه الى قاعدته هى: القلنسوة، المرستيم القمى، منطقة الاستطالة، منطقة الشعيرات الجذرية وأخيرا المنطقة المستديمة.

١ — قلنسـوة الجـذر Root Cap

وهو تركيب واق للمرستيم القمى للجذر من حبيبات التربة ويسهل للجذر طريقة أثنـاء توغله في التربة نتيجة للجدر المخاطية لخلايا الطبقات الخارجية للقلنسوة. ولقد وجد أن القلنسوة ولمسافة بضعة ملليمترات من طرف الجذر، في كثير من أنواع النباتات تغـطى بغشـاء من مادة مخاطية لزجـة قد يكون سميكا أحيانا. فطرف الجذر في نبات القمح يغطى بطبقة متميزة من المواد المخاطية تحتوى على بقايا الخلايا التي انفصلت عن قلنسوة الجذر. ولقد وجد أن المادة الجافة من المواد المخاطية التي تترسب في التربة نتيجة لزراعة نبات القمح تعادل وزن محصول القمح الناتج من مساحة الأرض المزروعة.

وتغلف القلنســوة المـرستيم القمى للجـذور. وتـتركب من خلايا بارنكيمية كثـيرا ماتحتـوى على النشـا. خلايا السـطح الخـارجى للقلنسـوة تتمـزق باستمـرار نتيجـة لاحتكاكها بحبيبات التربة غير أنها تعوض بأخرى جديدة تنشأ من منطقة متخصصة في طرف المرستيم القمى تسمى المرستيم منشىء القلنسوة Calyptrogen في جذور ذوات الفلقة الواحدة. أما في جذور ذوات الفلقتين فإن البشرة والقلنسوة تنشأ معا من منطقة واحدة في المرستيم القمى تسمى منشىء القلنسوة والبشرة Dermato–Calyptrogen.

وتـوجد القلنسوة في جذور جميع النباتات الأرضية، بينما لاتوجد في معظم النباتات المائية، غير أنه كثيرا مايوجد تركيب مماثل يدعى جيب الجذر Root Pocket كما في نبات الـزقيم Pistia وعـدس المـاء Lemna. والقلنســوة في الجذور الهوائية لكثير من النباتات الاستوائية تغطى بطبقة مخاطية كثيرا ماتتصلب وتصبح قشرة جامدة. وقد يبلغ سمك هذه الطبقة في بعض الجذور الهوائية عدة ملليمترات.

٢ — المرستيم القمى Apical Meristem

ويقـع في طرف الجذر، ويكون محاطاً بالقلنسوة، ولايتجاوز طوله ملليمترا واحدا. كثيرا ماتسمى هذه المنطقة قمة الجذر Root Apex، خلاياها مرستيمية تتميز بانقسام خلوى مستمر يؤدى الى تكوين خلايا جديدة، تقوم بتعويض خلايا القلنسوة، واضافة خلايا جديدة تتكـون عنها الأنسجة الابتدائية للجذر. وتحتوى خلايا المرستيم القمى على سيتوبلازم كثيف وأنوية كبيرة، وهى ذات جدر ابتدائية سليلوزية رقيقة.

٣ — منطقـة الاستطـالة Zone of Elongation

وهي منـطقـة قصـيرة يتراوح طولها بين ملليمتر واحد وعشرة ملليمترات، تقع أعلى المرستيم القمى مباشرة. وقد يبلغ طول المنطقة بضعة سنتيمترات كما في بعض الجذور

الهوائية. وتنشأ منطقة الاستطالة من المرستيم القمى، غير أن حدودها مع هذا المرستيم ليست واضحـة تمامـا. تتـألف هذه المنطقة من خلايا مرستيمية متطاولة في اتجاه محور الجذر، وهى المسئولة عن النمو الطولى في الجذر.

٤ — منطقة الشعيرات الجذرية **Region of Root Hairs**

الخـلايا الناتجة عن المرستيم القمى تتحول تدريجيا الى صورتها التي توجد عليها في الأنسجة الابتدائية في منطقة الشعيرات الجذرية، ولهذا تعرف هذه المنطقة أيضا باسم الأنسجة الابتدائية في الجذر، حيث أنها مشتقة عن المرستيم القمى. وفي هذه المنطقة يتم نضج جميع العناصر الخلوية للأنسجة الابتدائية.

ومنطقة الشعيرات الجذرية تعلو منطقة الاستطالة، ويتراوح طولها عادة بين سنتيمتر واحد وبضعة سنتيمترات وقد يبلغ طولها قدما أو أكثر في التربة الرطبة. ويغطى سطح الجـذر في هذه المنـطقـة بشعـور بيضاء اللون تسمى الشعيرات الجذرية. يتراوح عدد الشعـيرات الجـذرية فيهـا بين ٢٠٠ـ٣٠٠ شعيرة في المليمتر المربع من سطح الجذر. ويختلف عدد الشعيرات تبعا لنوع النبات وعوامل البيئة التي يعيش فيها لاسيما المحتوى المائى والهواء للتربة.

والغـالبية العـظمى من نبـاتات الأرض لها شعيرات جذرية، بينما تخلو منها جذور معظم النباتات المائية والجذور الهوائية. وقد تنعدم الشعيرات الجذرية في بعض النباتات مغطاة البذور مثل أشجار البلوط Quercus والزان Fagus والبكان Carya وبعض أنواع شقـائق النعـمان Ranunculus وعديد من النباتات عارية البذور مثل التنوب والصنوبر الاسكتلنـدى. مثـل هذه الجـذور ينمـو على أفـرعها أنواع معينة من الفطريات تقوم بالمساعدة في عملية الامتصاص من التربة.

وتعيش الشعـيرات الجـذرية عادة بضعـة أيام تذبـل بعـدهـا وتسقط وأحيانا تبقى الشعيرات الجذرية لفترة أسبوع أو بضعة أسابيع، وفي بعض النباتات، قد تبقى لبضعة شهـور كما في الأرجـوان Cercis و Gleditsia من العـائلة البقـولية Leguminosae وقـد تستـديم لبضـع سنـوات كما في بعض نبـاتـات العائلة المركبة Asteraceae. مثل هذه الشعيرات طويلة العمر، تصبح سميكة الجدر وتتوقف عن الامتصاص.

ولقد وجد أن حوالى ٧٥ـ٨٠٪ من المساحة السطحية الكلية لجذور النباتات ذوات الفلقتين التي يحدث فيها نمو ثانوى تكون مغطاة بالشعيرات الجذرية. وتتأثر هذه الحالة بالظروف البيئية المحيطة.

وتقـوم الشعيرات الجذرية بامتصاص الماء والمواد الذائبة من التربة وتؤدى الى زيادة

مسطح الامتصاص في الجذر بمقدار حوالى ٥-١٢ مرة قدر سطح مماثل ليس به شعيرات جذرية. ومع هذا، فان الامتصاص ليس قاصرا على الشعيرات الجذرية، فخلايا بشرة الجـذر رقيقـة الجـدر تقـوم أيضـا بالامتصاص، كما تساعد الشعيرات أيضا في تثبيت البادرات في التربة.

والشعيرة الجذرية عبارة عن امتداد أنبوبى لاحدى خلايا البشرة في منطقة الشعيرات الجـذرية. معـظم أو بعض هذه الخـلايا تقـوم بتكوين الشعيرات الجذرية. في بعض النباتات تنشأ الشعيرات الجذرية من خلايا متخصصة من البشرة تسمى مكونة الشعيرة Trichoblast. عند تكوين الشعيرة الجذرية، تنقسم هذه الخلية الى خليتين غير متماثلتين في الحجم، احداهما صغيرة ذات محتويات بروتوبلازمية كثيفة، تتميز بسرعة استطالتها عن شقيقتها الكبيرة فضلا عن نشاط انزيمات الأكسدة والاختزال في الخلية التي تنشأ منها الشعيرة حيث تعتبر خلية نشطة بينما الاخرى أقل نشاطا. هذا الاختلاف بين الخليتين تتضح صورته بعد انقسام الخلية الأم. ويبدأ تكون الشعيرة كبروز صغير ينشأ عن امتداد الجدار الخارجى للخلية، تنتقل اليه نواة الخلية تدريجيا وهى محاطة بالسيتوبلازم وتستمر الشعـيرة في النمـو حتى تصـل الى حبيبات التربة المجاورة حيث يتفلطح طرفها مكونا سطحـا يلتصق مبـاشرة بالأغلفة المائية حول الحبيبة. يتم هذا الالتصاق نتيجة لوجود المواد البكيتنية في الطبقات الخارجية لجدر هذه الشعيرات. ويشاهد سيتوبلازم الشعيرة الناضجة في صورة طبقة رقيقة تبطن الجدار وتتوسطها فجوة عصارية كبيرة وأحيانا بضع فجـوات. وعـادة توجـد النواة عند طرف الشعيرة محاطة بالسيتوبلازم. ويتركب جدار الشعـيرة الجـذرية مـن طبقتين متميزتين، الداخلية مـن السليلوز بينـما الخارجية من بكتات الكالسيوم.

والملمس اللزج للشعـيرة يرجع الى وجود المادة البكيتنية، وتلتصق الشعيرة الجذرية التصاقا يكاد يكون تاما بالأغلفة المائية التي توجد حول حبيبات التربة نتيجة لوجود المواد اللزجة في الطبقات الخارجية لجدرها.

ويتصلب طرف الشعيرة الجذرية عند نهاية فترة نموها نتيجة لتحجر المواد البكتينية فيهـا. ويختلف طول الشعـيرة الجـذرية باختـلاف النبـات والظروف البيئية المحيطة، وعموما يتراوح بين ١٧ و٣٧ ملليمتر.

وتـدفـع منطقة الشعيرات الجذرية الى الامام كلما استطال الجذر وتتكون شعيرات جذرية جديدة أعلا منطقة الاستطالة. والشعيرات المسنة تموت وتسقط ولهذا تظل منطقة الشعيرات الجذرية ثابتة الطول تقريبا.

٥ — المنطقة المستديمة Permanent Region

وهى المنطقة التي تعلو منطقة الشعيرات الجذرية حيث تكون الشعيرات فيها قد ماتت وسقطت.

في هذه المنطقة تتمزق أيضا خلايا البشرة وطبقة الخلايا التي تقع تحت البشرة المتمزقة. في كثير من الجذور، تصبح جدر الخلايا مسوبرة تقوم بالحماية بدلا من هذه البشرة. تسمى هذه الطبقة بالاكسودرمس Exodermis. قد يتكون الاكسودرمس من بضعة صفوف من الخلايا وهى خالية من المسافات البينية. وتنشأ الجذور الثانوية Secondary Roots في المنطقة المستديمة داخليا من الطبقة المحيطة مقابل حزم الخشب الابتدائى Primary Xylem ، إذا احتوى الجذر على أكثر من حزمتين من الخشب الابتدائى، ويكون عدد صفوف الجذور الثانوية مماثلا لعدد أذرع الخشب. في بعض الأحيان ينشأ جذران مقابل كل ذراع من الخشب الابتدائى، وبذلك تتكون صفوف من أزواج من الجذور الثانوية.

وإذا كان الخشب الابتدائى ثنائى الحزم، نشأت الجذور الثانوية فيما بين حزم الخشب واللحاء، أى توجد أربعة صفوف من هذه الجذور، أما إذا كان الخشب الابتدائى عديد الحزم نشأت صفوف الجذور الثانوية مقابل حزم اللحاء الابتدائى، وتنشأ الجذور الثانوية في النباتات ذات الفلقتين قبل أن يبدأ النمو الثانوي فى جذورها الابتدائية. ويحدث النمو الثانوي في الجذور نتيجة لنشاط مرستيم جانبى يسمى الكامبيوم الوعائى Vascular Cambium يتكون عنه خشب ثانوى للداخل ولحاء ثانوى للخارج. ونظرا لتمزق البشرة والقشرة يتكون نسيج واق يسمى البريدرم Periderm نتيجة لنشاط كامبيوم آخر يسمى الكامبيوم الفلينى Phellogen ينشأ من الطبقة المحيطة للجذر. ويعتبر تكوين الجذور الثانوية وغيرها من الفروع الجذرية، عاملا هاما بالنسبة للامتصاص بواسطة الجذور. هذه الجذور تنشأ عنها سطوح إمتصاص جديدة تكون متصلة بمساحات جديدة من التربة تمكن النبات من الحصول على القدر اللازم من الماء والغذاء.

الجذور المتخصصة SPECIALIZED ROOTS

تتخصص جذور بعض النباتات للقيام بوظيفة معينة، قد تكون مماثلة لأحدى الوظائف العادية للجذر أو تختلف عنها. وفي جميع حالات التخصص تتحور هذه الجذور في شكلها وتركيبها لتتوافق مع وظائفها التخصصية.

والغالبية العظمى من الجذور المتخصصة هى جذور عرضية. وفيما يلي أنواع مختلفة

من هذه الجذور:ـ

١ — الجذور الدرنية Tuberous Roots

وهى جذور أرضية إما وتدية أو عرضية ، تتخصص في تخزين المواد الغذائية وتصبح ذات طبيعـة لحمية ، تمثـل جذور البنجـر والجـزر والفجـل أنـواعا من الجذور الدرنية الـوتـدية . وعـادة تشـترك السـويقـة تحت الفلقة مع الجذر في تكوين المحور اللحمى الطرى . وتأخذ هذه الجدور الوتدية أشكالا مختلفة هى المخروطى Conical مثل الجزر، والمغـزلى Spindle-Shaped مثل الفجل ، واللفتى Globular وتمثل اللفت . تمثل جذور البطاطا Ipomoea batatas والداليا Dahlia (شكل ١٧) وكشك ألماز Asparagus أنواعا من الجذور العرضية الدرنية . وينشأ لجذر الدرنى في نبات البطاطا نتيجة لتخزين الغذاء في بعض مناطق الجذور العرضية الرئيسية . وتوجد على هذا الجذر براعم عرضية يستفاد منها في التكاثر الخضرى . والتخزين في الداليا يكون في قواعد الجذور العرضية الرئيسية عنـد اتصالها بالساق، بينما في كشك ألماز Asparagus فإن الجذور الدرنية تتكون عند تضخم أجزاء في الأفرع الثانوية للجذر العرضى . وهذه النباتات تنتج جذورا أخرى تقوم بالامتصاص وتثبيت النبات في التربة . وتترتب الجذور الثانوية في صفين طوليين على كل من الجـذور، المغزلى الشكل واللفتى ، وفي أربعة صفوف على الجذر المخروطى . ويسهل تمييز السويقة السفلى في هذه الجذور حيث تظهر خالية من الجذور الجانبية ، وقد تكون ملونة باللون الأخضر لتعرضها للضوء .

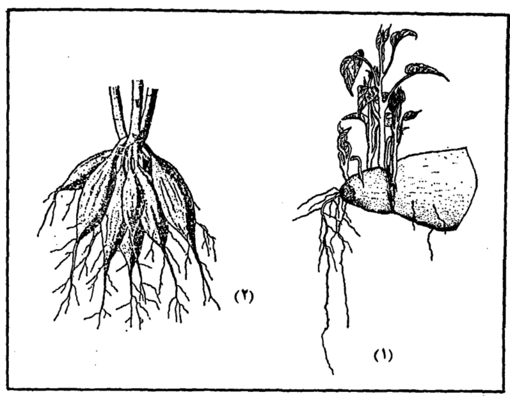
٢ — الجذور المساعدة Prop Roots

تقوم هذه الجذور بتدعيم وتثبيت السيقان الهوائية القائمة ، كما تقوم بامتصاص الماء والذائبات من التربة ، وتنمو هذه الجذور من العقد السفلى للسيقان وتتجه نحو التربة ثم تخترقها وتتفرع فيها ، وتكون أكثر سمكا وصلابة من بقية جذور النبات . ومن الجذور المساعدة ، جذور نبات الذرة وقصب السكر (شكل ١٦) .

وجذور نبات الكاد Pandanus التي تتكون على الساق الهوائية تكون متخشبة ومحاطة بطبقة فلينية وتغلف قمتها النامية بواسطة قلنسوة متخشبة .

٣ — الجذور القائمة Pillar Roots

وهي جذور عرضية تنشـأ من الأفـرع الأفقية لسيقان بعض الأشجار، وتنمو نحو سطح التربة ، حتى اذا ما وصلتها فانها تخترقها وتتكون لها قلنسوة تحمى قمتها النامية ، تتفـرع هذه الجـذور في التربة وتقوم بامتصاص الغذاء . ثم يزداد قطر الأجزاء الهوائية



(شكل ١٧): ١ - نشأة البراعم العرضية على جذر البطاطا الدرنى كأحدى وسائل التكاثر الخضرى بالجذور.
٢ - جذر عرضى درنى لنبات الداليا.

وتتخشب، وبذلك تعمل كدعامات قائمة لحمل أفرع الشجرة الضخمة. وقد يندمج بعض هذه الجـذور مع البعض الأخـر أو مع الساق نفسها. من أنواع النباتات ذات الجذور القائمة أنواع نبات التين البنغالى Ficus bengalensis وينمو نبات التين البنغالي في الأراضى الـطينية الـرخـوة على شواطىء البحار في المناطق الحارة. وتتجمع الرمال وأجـزاء النباتات التي تحملها الرياح حول جذوره العديدة القائمة فتتكون بيئة أرضية تحيط بالشجرة، وبذلك تصبح هذه الجذور دعامات قوية للشجرة.

٤ — الجذور التسلقية Climbing Roots

وهي جذور عرضية هوائية تنشـأ من سيقـان بعض النباتات فتساعدها على تسلق الدعامة التي تجاورها. وتتكون هذه الجذور بأعداد كبيرة على عقد وسلاميات الساق في المناطق التي تواجه الدعامة. وتدخل الجذور في شقوق الدعامة أو تلتصق بها، وبذلك يتسلق عليها النبات، مثل نبات حبل المساكين Hedera helix ونبات Hydrangia hortensis.

وتوجد جذور أخرى تكون طويلة، تلتف حول الدعامة المجاورة للنبات، فهى تشبه في ذلك المحاليق، ولهذا تسمى بالمحاليق الجذرية Root tendrils مثل جذور نبات الفانيلا Vanilla sp. الذي تتكون جذوره التسلقية عند عقد الساق.

٥ — الجذور الهوائية للنباتات المعلقة Epiphytes Roots

كثير من النبـاتات الاستوائية المعلقة Tropical Epiphytes والتي تنتمى الى العائلة الأوركيدية Orchidaceae والقلقاسية Araceae تعيش في غابات المناطق الحارة عالقة على أفرع بعض الأشجار دون أن يكون لها اتصال بالأرض. هذه النباتات يكون لها ثلاثة أنواع من الجذور العرضية :ـ

أ ـ مثبتات جذرية Holdfasts تثبت النبات في الشجرة.

ب ـ جذور مغذية Nutritive Roots تقوم بامتصاص الغذاء من البقايا النباتية المتحللة على فروع الشجرة.

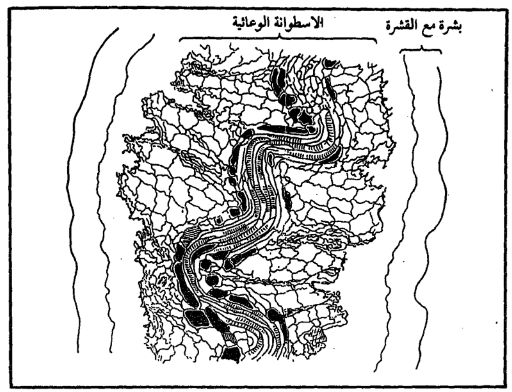
ج ـ جذور هوائية طويلة مدلاة في الهواء تقوم بامتصاص الرطوبة من الجو وتخزين مياه الأمطار أو قطرات الندى. هذه الجذور تحاط بغلاف يسمى الحجاب الجذرى Velamen تتركب من بضع طبقات من خلايا محكمة الترتيب غير حية، جدرها سميكة ثانوية وهو عديم اللون نصف شفاف.

ولقـد أوضحت بعض الـدراسـات الفسيولـوجية أن الـوظيفة الأساسية للحجاب الجـذرى تتركز في حماية أنسجة الجذور الداخلية من الحرارة الشديدة وتقليل فقد الماء حيث تمتلىء الخلايا بالهواء. ويوجد الحجـاب الجـذرى أيضـا فـي بعـض ذوات الفلقـة الواحـدة مـن نباتات الأرض.

٦ — الجذور الشادة المتقلصة Contractile Roots

وهي جذور أرضية عرضية غالبا، تتميز بقدرتها، خلال فترة معينة من نموها، على التقلص لسحب ساق النبـات قريبـا من سطح الـتربة أو تحته، ليكون في البيئة المثلى للنمو. ولقد أوضحت احدى الدراسات أن ٤٥٠ نوعا من ٨٢ عائلة نباتية يحدث فيها تقلص الجـذور. ومن نبـاتـات المحـاصيل الاقتصـادية الهـامـة التي يحدث تقلص في جذورها، الجزر وبنجر السكر والبرسيم الحجازى، وأبصال الجلاديولس، وريزومات بعض النباتات ذات الفلقة الواحدة.

ويحـدث التقلص أو الانكـماش في الجـذور الوتدية والجانبية والعرضية ويبدا عقب استكـمال نمـو الجـذر في الطول ويستمر لفترات مختلفة. وتتميز الجذور الشادة بزيادة الخلايا البارنكيمية بها وانخفاض مقدار اللجنين بالجدر الخلوية (شكل ١٨). وبعض



(شكل ١٨): جزء من قطاع طولى في جذر شاد لنبات الحماض موضحا التركيب التشريحي لجزء منه مبينـا ترتيب الخلايا المتنفخة والمحطمة في الاسطوانة المركزية المتقلصة. لاحظ أن الخلايا الداكنة اللون تمثل خلايا افرازية لاحظ أيضا العناصر الوعائية الملتوية في نسيج الخشب.

الجـذور يحدث انكـماش فيهـا نتيجة لزيادتها في السمك، وفي البعض الآخر تتحطم الخلايا البارنكيمية بتقدم العمر فتلتوى الجذور كالبريمة ساحبة النبات الى أسفل.

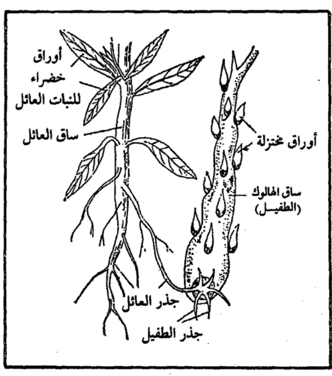
٧ — الجذور التنفسية Respiratory Roots

وهي أجزاء جذرية تنمو رأسية من جذور بعض النباتات التي تعيش في المستنقعات ذات التربة الطينية الغنية بالمواد النباتية المتحللة. وهذه التربة رخوة رديئة التهوية، وبهذا ترتفع فيها نسبة ثانى أكسيد الكربون. وتبعا لهذا يتعذر على هذه الجذور ان تحصل على حاجتهـا من الأكسجين من أرض المستنقع. وعادة تنمو جذور هذه النبات أفقيا تحت سطح أرض المستنقـع وتنشأ منها هذه الأجزاء الجذرية وتنمو الى أعلى حتى تظهر فوق سطح الماء وتقوم بعملية التبادل الغازى بين النبات والهواء المحيط به. وقد ترتفع الجذور التنفسية بضعة أقدام فوق سطح الماء وتتخشب وتصبح محاطة بطبقة فلينية وينتشر على سطحها تراكيب تعمل كمناطق تهوية تسمى العديسات Lenticels. ومن أنواع النباتات ذات الجذور التنفسية أنواع نبات الشورى Rhisophora mangle

٨ — الممصـــات Haustoria

تضم النبـاتـات مغطاة البذور عدد غير قليل من النباتات المتطفلة. قد تكون هذه النباتات متطفلة كليا مثل الحامول Cuscuta والهالوك Orobanche (شكل ١٩) أو جزئيا مثل الدبق Viscum والصندل الأبيض Santalum album والحضال Loranthus. ونبات الحـامول يتطفل على ساق النبات مثل البرسيم، بينما الهالوك يتطفل على جذر النبات مثـل الفول. وهذان النباتان المتطفلان خاليان من الأوراق الخضراء. وللحصول على الغذاء يرسل النبات الأول ممصات تخترق الساق والثاني لجذور العائل المتطفل. وتتصل الممصات بالخشب واللحاء في النبات العائل لتحصل من الخشب على الأملاح المعدنية والماء حيث لايوجد للنبات جذور في التربة. والممصات المتصلة باللحاء تحصل منه على الغذاء المجهز.

والنباتات المتطفلة جزئيا ذات أوراق خضراء وتستطيع أن تجهز غذاءها بنفسها. ولكن هذه النباتات ليس لها اتصال بالتربة، ولهذا ترسل ممصاتها فقط في نسيج الخشب للنبات العائل وتحصل منه على الأملاح والماء. ونبات الصندل الأبيض يتطفل جزئيا على الجذر، أما الدبق والحضال فيتطفلان على الساق.



(شكل ١٩): يوضح تطفل نبات الهالوك على جذر النبات العائل.

التكاثر بواسطة الجــــــذور

تتميز جذور بعض النباتات بقدرتها على تكوين براعم عرضية Adventitious buds ينشأ عنها سيقان هوائية تسمى سيقانا عرضية Adventitious shoots ذات جذور ليفية عرضية، ويستفاد من هذه الصفة في تكاثر بعض النباتات، مثل البطاطا Ipomoea batatas (شكل ١٧)، الياسيمين Jasminum officinale وتوت العليق Rubus. وبعض الأشجار والشجيرات مثل الحور Populus والورود Rosa تنشأ على جذورها الممتدة أفقيا براعم عرضية تنمو الى نباتات جديدة.

الجذور عديمة الشعيرات الجذريـــة

تتميز كثـير من مغـطاة البـذور الخشبية والعشبية بأن بعض جذورهـا خالية من الشعـيرات الجـذرية مثل أشجار البلوط Quercus والزان Fagus. ويكون لهذه الجذور علاقـة تبـادل منفعة Symbiosis مع بعض أنواع الفطر. هذا التجمع المشترك أو البنية الواحدة بين الجذور والفطر يسمى الجذر فطر Mycorrhiza (شكل ٢٠). وقد يحيط غزل الفطر بالجذور من الخارج كما في البلوط والزان في صورة طبقة خارج الجذر وبين خلاياه، أو يعيش بصفة رئيسية داخليا في خلايا الجذور كما في الاسفندان الاحمر Acer. ولقد وجد أن هذه الجذور تتميز عن غيرها من جذور نفس النبات بانها قصيرة وغليظة وقد تتحطم القلنسـوة نتيجة لوجود الفطر. وقد تتحول الجذور الصغيرة التي تحتوى على الفطر الى عقد تشبه حبات العقد.

يختلف لون الجذر فطر من أبيض إلى أصفر أو أحمر أو بني قاتم. وغالبا لا يوجد الجذر فطر الا في الـطبقة العليا من التربة المملوءة بالدبال. وفي كثير من الأحوال يوجد نوع معـين من الفـطر يتـآخى مع جذور نوع من الاشجار، وقد يوجد على جذور الشجرة نوعـان أو ثلاثـة من الفـطر تختلف في شكلهـا وحجمهـا ولونها. ولاتنبت بذور بعض النبـاتـات مثل الأوركيد الا اذا أصيبت بالفطر، بينما تنبت بذور أنواع أخرى غير أنها لاتتجاوز مرحلة البادرة الا أذا أصيبت بنوع خاص من الفطر، وفي حصر شامل لمناطق الغـابـات في أمريكا وشمال أوربا وجد أن ٩٥٪ من كل جذور الاشجار يتعايش معها الفـطر. وجـذر الفطر شائع في نباتات الأبصال والدرنات، وفي كثير غيرها من مغطاة البذور. ولقد أضيفت الغلال الى النباتات التي يوجد فيها جذر الفطر.

وتشير آراء كثير من الباحثين الى أنه توجد علاقة تبادل منفعة بين الفطر وكثير من أنواع النباتات. من نواحي تبادل المنفعة بين الجذور والفطر، أن الأخير ييسر بعض العمليات الفسيولوجية مثل زيادة امتصاص الماء والمواد الذائبة من التربة، وربما يساعد في تثبيت

الأزوت في الجذور. من ناحية اخرى، فإن الفطر يستفيد من الغذاء الموجود في انسجة الجذور الذي يجهزه النبات الأخضر.

ويبـدو أن الفـطريات تفوق الشعيرات الجـذرية في قدرتهـا على امتصـاص أملاح معـدنية من الـتربـة، بالاضافة الى أهميتها الحيوية للاشجار وغيرها من النباتات.



(شكل ٢٠): يوضح الجذر فطـــر

الجذور في النباتات المتطفلـة

تتميز العـائلة Loranthaceae بأن انبـات البـذور فيهـا يبدأ بخروج السويقة تحت الفلقية من نهاية البـذرة وتلتصق بفـرع النبات العائل بالمادة اللزجة التي تكسوها، ثم تثبت طرفهـا المتنفـخ الذي يمثل ممصا جذريا بفرع النبات العائل. ينمو هذا الممص الجـذرى Haustorium عميقـا في أنسجة الفرع حتى يصل الى النسيج الوعائى لفرع النبات العائل لكى يحصل منه على الغذاء اللازم، حيث تتكون منه بضعة أفرع تخترق نسيج الخشب وتستكمل منه احتياجاتها الغذائية مثل نبات الدبق Viscum album الذي يمثل نباتا متطفلا على السيقان Stem-Parasite رغم أن أوراقه خضراء.

ونبـاتـات العائلة Balanophoraceae متطفلة على الجذور Root-Parasite وهى عديمـة الأوراق وتخلو من الجـذور، مجموعها الخضرى عبارة عن ريزومة درنية متفرعة صفراء اللون أو حمراء، تكاد تكون خالية من الأوراق الحرشفية، تثبت نفسها في جذر النبات العائل، وهو خشبى بواسطة ممصات جذرية.

العقد الجذريـــــة ROOT NODULES

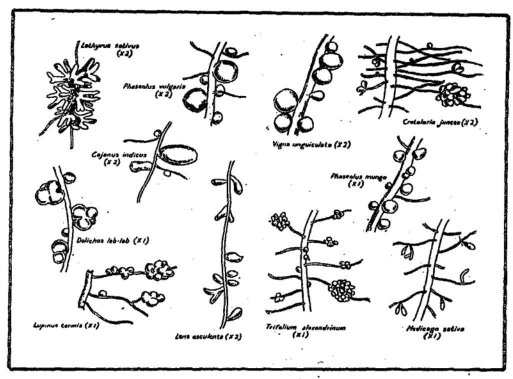
تعتبر دراسة الجذور غير مكتملة اذا خلت من الاشارة الى العقد الجذرية التي تتميز بها جذور نباتات العائلة البقولية، كما توجد أيضا في بعض العائلات الاخرى.

وتتكون العقد الجذرية نتيجة لوجود بكتريا من جنس Rhizobium في التربة تتميز على

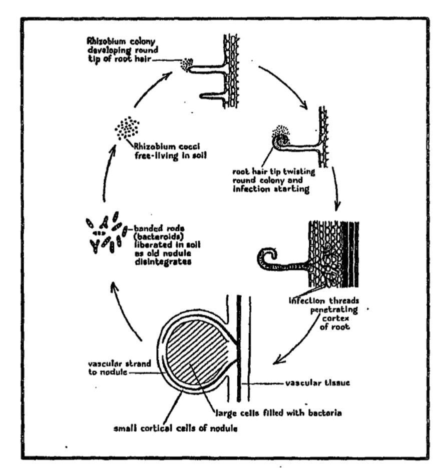
بقية أجناس البكتريا بقدرتها على تكوين هذه العقد الجذرية. ويختلف شكل العقدة تبعا لنوع النبات البقولى، فقد تكون كروية أو مفصصة أو اسطوانية أو غيرها (شكل ٢١).

وفي أي مرحلة من حياة النبات البقولى، وبعد أن يتكون له مجموع خضرى كاف لتوفير حاجته من الغذاء تدخل البكتريا الجذر عن طريق الشعيرة الجذرية، ويحتمل أن يقوم الجذر بافراز مواد تجذب البكتريا إلى منطقة الشعيرات الجذرية. وعندما تتواجد مستعمرة البكتريا بجوار الشعيرة الجذرية، فانها تفرز مواد ذات طبيعة هرمونية تؤدى الى انثناء طرف الشعيرة حولها، وبعدها تدخل المستعمرة الى الشعيرة الجذرية، بعد أن تذيب جدارها وتتكاثر بسرعة معتمدة على الغذاء الموجود بالشعيرة. ثم تنتقل البكتريا من الشعيرة الجذرية الى نسيج القشرة في الجذر على شكل خيوط عدوى تمتد غالبا حتى الطبقة المحيطة وتتفرع بخلايا القشرة. ويؤدى وجودها في الجذر الى سرعة انقسام خلايا الطبقة المحيطة فتتكون كتلة مخروطية الشكل تمثل بداية العقدة الجذرية تمتلىء جزؤها الداخلى بالبكتريا. وتستمر بداية العقدة في النمو، وتنشأ حزمتان وعائيتان بجوار جزئها الخارجى لنقل الغذاء اللازم لها من النسيج الوعائى للجذر. وفي النهاية تظهر العقدة الجذرية على سطح الجذر.

وتتركب العقدة الجذرية الناضجة (شكل ٢٢) من:-



(شكل ٢١): رسوم توضيحية لأشكال العقد الجذرية في بعض النباتات البقولية.



(شكل ٢٢): رسم تخطيطي يوضح تركيب وتكوين عقدة جذرية في نبات بقولي.
(دورة حياة بكتريا من جنس ريزوبيوم).

١ ــ طبقة واقية من بضعة صفوف من خلايا بارنكيمية صغيرة الحجم يمتد فيها نسيج وعائي يكون متصلا بالنسيج الوعائي للجذر.

٢ ــ منطقة داخلية من خلايا كبيرة الحجم ممتلئة ببكتريا في حالة انقسام نشط. وفي نهاية حياة النبـات البقـولي تتمزق العقدة الجذرية، وتتحلل وتنتشر البكتريا في التربة وتبقى إنتظارا لاصابة جديدة. وتعيش البكتريا مع جذور النبات متبادلة المنفعـة معهـا حيث يقـوم النبـات بامدادها بالمواد الكربوهيدراتية لاستخدامها كمصـدر للطاقة في تثبيت الأزوت الجوى داخل أجسامها ويستفيد النبات من جزء من هذا الأزوت المثبت. وفي بعض الأحيان، تقوم العقدة الجذرية النشطة بافراز الأزوت الى التربة. ولقد وجد بعض الباحثين أن المحصول البقولي يترك في التربة بعد حصاده حوالى ٢٠٠ رطل من الأزوت تقريبا.

الفصل السادس

الســـاق THE STEM

- المظهر الخارجي للساق
- سطوح السيقان
- السيقان الهوائية المتخصصة
- السيقان تحت الأرضية
- الفسائل الجذرية
- البراعم
- تفرع السيقان

الفصل السادس

الســــــــاق

THE STEM

الســاق هو جزء النبــات من مغطاة البذور الذي يحمل الفروع والأوراق والأزهار، وينمو عادة فوق سطح الأرض.

والبــداية الأولى للســاق توجد في جنين البذرة وتمثلها الريشة Plumule وهى البرعم الطرفى Terminal bud الأول للنبات. تتركب الريشة من مرستيم قمى Apical meris-tem تحيط به نموات متدرجة في العمر والتكشف تسمى بدايات الأوراق Leaf Primor-dia تتوزع طبقا لنظام ترتيب الأوراق على الساق.

وتنمــو السـاق في الطول نتيجة لنشاط المرستيم القمى الذي تتكشف عنه الأوراق والســلاميات والعقــد. وتــرجــع الـزيادة في الـطول الى استطالة السلاميات، وأحيانا لاتستـطيل السلاميات بدرجة محسوسة فتبقى الساق قصيرة أورواقها متزاحمة. ويتميز المرستيم القمى للساق بعدم وجود قلنسوة Cap لحمايته كما هو الحال في الجذر، وهو أكثر تعقيدا من المرستيم القمى للجذر حيث تتكون منه بدايات الأوراق والبراعم سواء كانت خضرية أو زهــرية. وتسهم السويقة تحت الفلقية في تكوين ساق النبات في البادرات ذات الانبات الهوائى.

ومناطق الساق التي تخرج منها الأواراق أو البراعم تسمى العقد Nodes وأجزاء الساق الواقعة بين عقدتين متتاليتين تسمى سلامية Internode. قد تكون السلاميات طويلة أو قصــيرة، وقــد تكــون العقــد متقاربة جدا بدرجة يتعذر معها تمييز السلاميات، فتبدو الأوراق كأنها نامية من الجذر كما في نبات الجزر Daucus carota ونبات بنجر السكر Beta vulgaris.

وظائف الساق:

١ ــ حمل الأفرع والأوراق والأزهار والثمار وتعريضها للضوء والهواء.
٢ ــ توصيل العصارة الممتصة بواسطة الجذر الى الأوراق، وتوزيع الغذاء المتكون في الأوراق على جميع أجزاء النبات حيث يستهلك فيها أو يخزن لحين الحاجة اليه.
٣ ــ تقوم بعض السيقان بتخزين مواد غذائية مثل النشا والسكريات وأحيانا الماء. وسيقان بعض النباتات يتكون بها مواد ذات قيمة اقتصادية مثل الحليب النباتي Latex والصموغ Gums والراتنجات Resins وغيرها. ومن الجدير بالذكر أن المطاط يصنع من الحليب النباتي لأشجار المطاط لاسيما من جنس هيفيا Heavea. كما تستخرج الألياف النباتية من سيقان عدد غير قليل من النباتات مثل الكتان Linum usitatissimum والجوت Corchorus Capsularis ومن الأوراق مثل قنب مانيلا Cannabis sativa والسيسال Agave sisalana.

المظهر الخارجي للساق

السيقـان عادة أسطوانية الشكل كما في الكتان وعباد الشمس Helianthus annuns وقـد تكـون مضلعة كما في البردى Cyperus papyrus وقليل منها يكون منبسط يشبه في شكله الـورقـة الخضراء العادية كما في شرابة الراعى Ruscus. وتتباين سيقان النباتات مغطاة البذور أيضا في حجمها وألوانها، فمنها الضخم الذي يصل ارتفاع الساق فيها الى أكثر من ٣٠٠ قدم، بينما هناك أخرى صغيرة جدا لاتتعدى بضعة ملليمترات مثل نبات Wolffia الذي يتركب من ساق مفلطح أخضر اللون، ليس له أوراق أو جذور، وتتكون له زهرة واجدة. والسيقان إما عشبية أو خشبية.

الساق العشبية Herbaceous stem تكون طرية خضراء اللون أنسجتها ليست قوية تحتوى على مقدار ضئيل من عناصر الخشب فتصبح الساق متخشبة. والنمو القطرى في السيقـان العشبية ضئيل وأنسجتهـا في معظمها ابتدائية. والنباتات العشبية قد تكون حولية Annual لاتتجـاوز حياتهـا بضعـة شهـور أو سنة مثل محاصيل الغلال Cereals والقليل منها يكون ثنائي الحول Biennial مثل البصل Allium cepa وبنجر السكر Beta vulgaris أو معمر Perennial مثل النجيل Cynodon dactylon.

والسيقان الخشبية Woody stems تكون أكبر قطرا وأكثر صلابة من السيقان العشبية، فتحتـوى على مقـدار كبير من الخشب والعناصر الملجننة، وهى غير خضراء وسطحها خشن غالبا لوجود القلف Bark عليها والذي يقوم بالحماية من العوامل البيئية. وتقسم النباتات الخشبية الى أشجار وشجيرات. تتميز الشجرة Tree بأنها كبيرة الحجم، ذات

جذع Trunk واحـد رئيسى خشبى يتفـرع على ارتفـاع غير قليل من سطح الـتربـة، ويتنـاقص قطره تدريجيا تجاه قمته. يحمل الجذع أفرعا جانبية تكون القاعدية منها أكبر حجما وأطول عمرا. بعض الأشجار مثل التوت Morus والبلوط Quercus تتفرع الساق فيها الى بضعة أفرع تكاد تكون متساوية، قد تؤدى الى عدم وضوح الجزء العلوى من جذع الشجرة. وأشجار النخيل Phoenix يكون الساق فيها قائما غير متفرع يحمل تاجا من أوراق كبيرة خضراء اللون عند قمته. والأشجار معمرة، تعيش عشرات السنين، وفي كل عام يحدث فيها نمو خضرى جديد، حيث تنمو البراعم الأبطية مكونة أغصانا تنشأ عنها براعم جديدة، كما تحدث عادة زيادة في قطر الساق وارتفاعها.

والشجـيرة Shrub تكـون أقـل حجـما بكثير من الشجرة، تتألف من بضعة سيقان متخشبـة متقـاربة في الحجم تنمو على ارتفاع بسيط من سطح التربة. وساق الشجيرة وفروعها ذات قطر صغير بالنسبة لنظيره في الشجرة، ويزداد قليلا في القطر سنويا مثل شجيرات الورد Rosa والدفلة Nerium والعنب Vitis.

والشجـيرات المعمـرة تعيش بضـع سنـوات. ومن الاشجـار والشجيرات مايكون مستـديم الخضرة Evergreen ومتسـاقط الأوراق Decidious في فصل الشتاء، وتتكون أوراق أخرى جديدة في فصل الربيع.

وسيقان الغالبية العظمى من النباتات مغطاة البذور تنمو فوق سطح الأرض وتعرف بالسيقان الهوائية Aerial Stems معظمها يكون قائما والبعض زاحفا أو متسلقا بوسائل مختلفـة. ويوجد عدد غير قليل من السيقان تنمو تحت سطح الأرض ولها فروع هوائية خضراء تسمى السيقان الأرضية Subterranean Stems.

سطوح السيقان STEM SURFACES

السـاق عادة ذات سطح خال من الشعور أو الأشواك. بعض النباتات توجد على سيقانها شعور تكسبها ملمسا ناعما أو خشنا، والبعض الآخر تكسوها أشواك للحماية أو التسلق. وأحيانا تغطى الساق بطبقة شمعية رقيقة ناعمة كما في نبات قصب السكر. وسيقان الأشجار تغطى عادة بقلف Bark يكسبها ملمسا خشنا.

وأغصـان الأشجار متساقطة الأوراق والشجيرات تشاهد عليها علامات مختلفة في الشكل تدل على سقوط أى من الأوراق والبراعم والأزهار والثمار وكذلك الأفرع، تسمى الندب Scars.

الندب الورقية Leaf scar عبارة عن علامة واضحة توجد عند عقد الأغصان، وهي أكثر ماتكون وضوحا في الخريف والشتاء. وتحدد ندبة الورقة موضع اتصال قاعدة الورقة

التي سقـطت من على الســاق. وتختلف ندب الأوراق في الشكـل والحجم تبعـا لنوع النبـات، فقد تكون مستديرة الشكل، مثلثة أو هلالية، أو على شكل حرف U أو V. ويتراوح طول الندبة الورقية بين ٥, ٠ و ٥, ١ سنتميتر، وقد تزيد عن ذلك كثيرا كما في نبات الباباظ Carica papaya.

ويمكن مشـاهدة ندب أخرى صغيرة بارزة نوعا داخل نطاق الندبة الورقية تسمى ندب الحـزم الـوعائية Bundle scars وهي تمثل الحزم الوعائية الممتدة بين الساق وعنق الورقة والتي تكسرت عند انفصال الورقة عن الساق.

ويختلف عدد ندب الحـزم باختلاف نوع النبات. وأحيانا، يستفاد من شكل ندب الأوراق للتعرف على أنواع النباتات متساقطة الأوراق في الشتاء.

يشاهد أيضا عند عقد الساق نوع آخر من الندب يسمى ندب البراعم Bud Scars تكـون عادة مستـديرة الشكل تدل الواحدة منها على مكان البرعم الذي ذبل وسقط. ويوجد نوع آخر من الندب يختص بالبراعم المغطاة يسمى ندب حراشيف البراعم Bud-Scale Scars يدل على الحراشيف البرعمية التي سقطت بعد نمو البراعم المغطاة. هذه النـدب تكون غير مميزة بمفردها، غير أن تقاربها بين بعضها وتراكبها فوق بعضها البعض واحـاطتهـا بالبرعم، يجعلها تظهر في صورة مجموعة من حلقات متتابعة حول بعض مناطق الغصن الذي تكون نتيجة لنمو البرعم. توضح هذه الندب الموضع الذي ابتدأ عنده نمو البرعم في فصل الربيع من كل عام. ويستفاد من هذه الندب في ملاحظة تعاقب النمو الذي حدث في الغصن خلال فترة النمو. ويمكن تحديد عمر الغصن بعدد مجموعات حلقات ندب حراشيف البراعم التي تقع بين برعمه الطرفي وقاعدته.

تشاهد أيضا على سطوح سيقان كثير من أغصان الأشجار والشجيرات بقع صغيرة ذات لون بني، بارزة نوعا، ومبعثرة بغير نظام أو مرتبة في صفوف رأسية أو أفقية تسمى العـديسـات Lenticels، يتم عن طريقها تبادل الغازات بين أنسجة النبات الداخلية والهواء الجوي. والعديسة غالبا عديسة الشكل أو مستديرة، وأحيانا تكون على شكل شقـوق ضيقـة طولهـا بضعة ملليمترات، وقد يصل طولها الى حوالى سنتميتر أو بضعة سنتيمترات كما في التامول Betula وأشجار جنس Prunus. وتنشأ العديسات في السيقان الخشبية غالبا تحت أماكن الثغور Stomata تحت كل ثغر أو مجموعة من الثغور. وتزداد العـديسـات في الحجم بتقـدم عمر الشجرة تمشيا مع زيادة محيط الساق كما في شجرة التامول، بينما في أخرى لايحدث فيها تغير في الشكل أو الحجم كما في شجرة بلوط الفلين Quercus suber.

وتنشـأ العـديسـات مع حدوث الـزيادة في قطر السـاق وتكوين نسيج واق يسمى

الـبريدرم Periderm. وتـتركب العـديسة عادة من نسيج خلاياه كبيرة الحجم مفككة، جدرها مسوبرة، يسمى النسيج المكمل Complementary tissue يقوم بتكوينه الكامبيوم الفليني العـديسي Lenticel phellogen يكـون متصـلا بالكامبيوم الفليني Phellogen الذي تتكون منه البريدرم، ويمثل جزءا منه.

السيقان الهوائية المتخصصة SPECIALIZED AERIAL STEMS

السيقـان الهـوائية لبعض النبـاتات مغطاة البذور تتخصص للقيام بوظيفة معينة، ويستلزم ذلك حدوث تحور في شكل الساق وتركيبه بما يتلاءم مع وظيفته التخصصية.

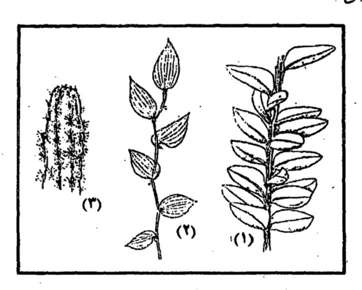
ومن أنواع هذه السيقان مايأتي:

١ — السيقان الورقية (شكل ٢٣):

وهي سيقان تأخذ مظهر الأوراق وتقوم بوظائفها. أما الأوراق الأصلية لهذه السيقان فتكون عادة حرشفية أو محورة الى أشواك. وقد تكون السيقان الورقية محدودة النمو كما في السفندر Ruscus والاسبرجس Asparagus أو غير محدودة كما في المهلنبكيا Meuhlen-bekia والتين الشوكي Opuntia. وتصنف السيقان الورقية الى طرازين:

أ ــ ساق ورقية وحيد السلامية Cladode مثل السفندر والاسبرجس Myrsiphyllum.

ب ــ ساق ورقية عديدة السلاميات Phylloclode مثل المهلنبكيا والكازوارينا والتين الشوكي.



(شكل ٢٣): أنواع السيقان المتورقة

١ - عنق متورق في نبات السنط. ٢ - ساق متورق في نبات العشبة.

٣ - أشواك متحورة عن أوراق التين الشوكي.

(١) السفندر Ruscus Hypophyllum لهذا النبات ساق عادية أسطوانية قائمة، يوجد عند كل من عقدها ورقة حرشفية صغيرة ينمو من ابطها ساق متورقة، محدودة النمو خضراء اللون منبسطة، بيضاوية الشكل تشبه الورقة الخضراء العادية، حافتها كاملة وقمتها مدببة، وعروقها متوازية. يوجد عند حوالى منتصف محورها عقدة تحمل ورقة حرشفية صغيرة في ابطها برعم يتكشف عنه ساق قصيرة ذات زهرة واحدة أو بضع أزهار. وفي حالات قليلة، توجد عقدتان على المحور الوسطى تحمل كل منها ورقة حرشفية نادرا تكون خضراء اللون شريطية الشكل يبلغ طولها حوالى سنتيمتر واحد أو أكثر قليلا. ونبات كشك ألماظ Asparagus تكون الأفرع المتورقة رفيعة ورقية طولها حوالى ٢ سنتميتر، توجد في مجموعات على الساق الأصلية، كل فرع متورق يوجد في ابط ورقة حرشفية.

(٢) المهلنبكيا Meuhlenbekia نبات شجيرى، وأفرع الساق العادية تحمل سيقانا أخرى محورة، ورقية خضراء اللون، شريطية الشكل طويلة، منبسطة ومقسمة الى عقد وسلاميات. وعند كل عقدة، توجد ورقة حرشفية متبادلة الترتيب في إبطها برعم ينتج عنه زهرة وأحيانا فرع جانبى متورق وفي نهاية الساق المتورقة، توجد قمة نامية طرفية، السلاميات القريبة منها قصيرة ويزداد طولها تدريجيا تجاه القاعدة.

(٣) الكازوارينا Casuarina equisetifolia شجرة ضخمة، مستديمة الخضرة، سريعة النمو، كثيرة التفرع، أفرعها الكبيرة تحمل أفرعا قزمية تنمو عليها سيقان ورقية ابرية الشكل، خضراء اللون مقسمة الى عقد وسلاميات، يحيط بكل عقدة أوراق حرشفية دقيقة الحجم. وهذه السيقان الورقية نموها غير محدود.

(٤) التين الشوكى Opuntia tunicata الساق الورقية عصيرية، خضراء اللون، قرصية الشكل منبسطة، تتخصص في اختزان الماء في أنسجتها الداخلية للاستفادة منه في فترات الجفاف، كما تقوم أيضا بعملية البناء الضوئى. وتحمل الساق الحديثة الورقية أوراقا صغيرة جدا خضراء سرعان ماتسقط تاركة ندبا تدل عليها. وتوجد في آباط هذه الأوراق براعم محمولة على انتفاخات تسمى كل منها وسادة Cusion تنمو منها أشواكا Spines عبارة عن أوراق محورة. وقد تنمو بعض البراعم الموجودة على حافة الساق الورقية مكونة أفرعا ورقية أو أزهاراً يؤكل ثمارها.

٢ — السيقان المتسلقة:

وهي سيقان هوائية طويلة تكون غير قادرة على النمو رأسيا، ولهذا تتسلق على مايجاورها من دعامات بواسطة تراكيب خاصة تنمو منها مثل المحاليق والجذور العرضية والأشواك.

أ - **المحاليق الساقية** Stem tendrils وهي سيقان متخصصة للتسلق، تحورت الى تراكيب رفيعة وطويلة ذات أطراف حساسة تلتف حول مايجاورها من دعامات أو تلتصق بها وبذلك تساعد ساق النبات في التسلق. وتنشأ المحاليق الساقية إما عن برعم طرفي كما في نبات العنب Vitis Vinifera أو عن برعم ابطي Branch tendril كما في الأنتيجونن Antigonon وزهرة الساعة .Passiflora spp و Bryronia dioica. وقد تكون هذه المحاليق متفرعة ومقسمة الى عقد وسلاميات وتحمل أوراقا صغيرة لاتعيش طويلا في نبات -Am pelopsis و Virginia وينتهى فرع المحـلاق بقـرص صمغى يلتصق بالـدعامة وبذلك يسـاعد الساق في التسلق. وتحور البرعم الطرفى أو الأبطى الى محلاق يؤدى الى توقف نشاطه الخضرى.

ب - **المحاليق الورقية** Leaf tendrils وهي أوراق أو أجزاء ورقية تحورت الى محاليق رفيعة يساعد الساق في عملية التسلق. ففي نبات البازلاء Pisum sativum تتحور بعض الوريقات الطرفية للورقة المركبة الى محاليق، وفي نبات العشبة Smilax ونباتات العائلة القرعية Cucurbitaceae تتحور الأذنات الى محاليق، وفي نبات حمام البرج .Lathyrus sp يتحور النصل الى محلاق، وفي نبات Clematis وأبو خنجر Tropaeolum majus يتحور عنق الورقة الى محلاق.

ج - **الجذور التسلقية** Root climbers تتسلق سيقان بعض النباتات بواسطة جذور عرضية تنشأ عند عقد الساق أو السلاميات.

هذه الجذور قد تكون قصيرة نوعا تدخل في شقوق الدعامة المجاورة مثل جذور نبات حبل المساكين Hedera helix وقد تكون طويلة تلتف حول الدعامة، كما في المحاليق مثل جذور نبات الفانيلا .Vanila sp

د - **الأشـواك** Prickles وقد تكون الأشواك عبارة عن نموات صغيرة ذات أطراف مدببـة توجـد على سيقان بعض النباتات مثل ورد النسر Rosa canina حيث تنمو من أنسجتـه السطحية فلا يوجد أى اتصال بينها وبين الأنسجة الوعائية للساق. وتساعد هذه الأشواك في تسلق السيقان كما تقوم أيضا بوظيفة الحماية.

٣ - السيقان الملتفة Twiners

لاتـوجد في هذه السيقان أعضاء متخصصة للتسلق، وانما تلتف السيقان حلزونيا حول مايجاورها من دعامات ذات قطر مناسب فتصعد الى أعلى. وسيقان هذه النباتات ضعيفـة لاتقوى على النمو قائمة، ذات سلاميات طويلة ورفيعة، أوراقها كبيرة نسبيا وبـاستمرار النمو تزداد لفات الساق تماسكا بالدعامة وتصبح قوية. ويكون الالتفاف

حول الدعامة في اتجاه عقرب الساعة أو عكس هذا الاتجاه (شكل ٢٤). ومن أمثلة هذه السيقان نبات العليق Convolvulus وحشيشة الدينار Humulus lupulus.

٤ ـ السيقان الجارية Stolons or Runners

وهي سيقان ضعيفة، تنمو أفقيا مفترشة سطح الأرض، وتتكون لها جذور عرضية عند العقد تثبتها في التربة وتمتص الغذاء والماء، مثل نبات الفراولة .Fragaria spp (شكل ٢٥) والليبيا Lippia والبنفسـج Viola odorata. وفي نبات الفراولة تنشأ الساق الجارية عن نمـو أحد البراعم الابطية عند قاعدة الساق الهوائية الأصلية. وتحمل هذه الساق الجـارية عند عقدها أوراقا حرشفية صغيرة، في ابط كل منها برعم قد ينمو مكونا فرعا جاريا. وتنشأ جذور عرضية من قاعدة البرعم النامى مخترقة التربة، ويصبح نبتا جديدا.

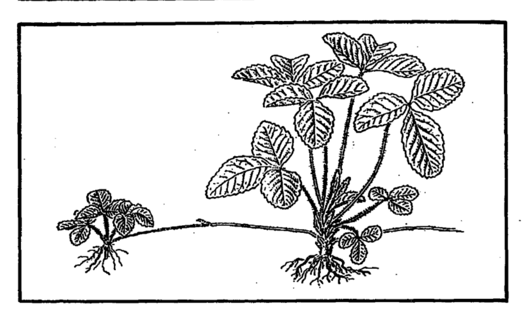
والـبرعم الطرفي للساق الجارية يتكشف عنه ساق هوائية قائمة قصيرة تحمل أوراقا وأزهـارا. ونـظرا لتكوين الجذور العرضية عند عقد الساق الجارية فإن النبات الواحد يصبح مؤلفا من عدد من النباتات لكل منها مجموعه الخضرى والجذرى العرضى، ولهذا يستفاد منها في عمليات التكاثر الخضرى.

٥ ـ السيقان الزاحفة Creeping Stems

وهي سيقان عشبية غالبا، تنمو مفترشة فوق سطح التربة ويكون لها مجموع جذرى واحـد. وتتكون أفرع هذه السيقان من البراعم الابطية. ونباتات العائلة القرعية Cucurbitaceae مثل البطيخ Citrullus vulgaris والقرع Cucurbita pepo تعتبر أمثلة لهذا النوع من السيقان.



(شكل ٢٤): ساق متسلقة بالالتفاف.



(شكل ٢٥): السيقان الجارية في الفراولة. لاحظ الجذور العرضية عند العقد ونمو البرعم الابطى الى مجموع خضرى.

٦ ـ السيقان الشوكية Stem Thorns

تتحـور أغصـان بعض النبـاتـات الى أشواك صلبة مدببة الطرف، لتقليل مساحة السطوح الناتحة فتقـل عملية النتح، ولحمايتها من حيوانات البيئة المحيطة. وتخرج الأشـواك من آبـاط أوراق صغـيرة، مختـزلـة، تسقط تاركة ندبا تدل عليها. والشوكة تتكشف عن برعم إبـطي، تحمل أحيانا أوراقا صغيرة أو أزهارا. والبرعم الطرفي لهذه السيقان الشوكية يقف نشاطه ويتحوز الى شوكة مدببة القمة. وقد تكون هذه الأشواك متفرعة، مثل العوسج Lycinium أو غير متفرعة مثل الجهنمية Bougainvillea. والسيقان الشوكية مألوفة في النباتات الصحراوية مثل العاقول Alghai والزلة Zilla والوزال Ulex. ففي نبات الزلة، لوحظ أن نسبة عدد الأشواك الى الأوراق تزداد تبعا لزيادة جفاف البيئة المحيطة، كما يزداد حجم الأشواك ويقل حجم الأوراق.

وفي بعض الأنواع الشجيرية من العائلة الوردية Rosaceae مثل الشوكة السوداء Prunus spinosa كثيرا ماتتحور بعض الأفرع الى أشواك.

٧ ـ السيقان القصيرة أو القزمية Short or Dwarf Stems

وهي سيقـان قصيرة جدا لدرجة أن الأوراق تبدو وكأنها خارجة من قاعدة الجذر. ويعتبر نبات الجذر Daucus carota والفجل Raphanus sativus وبنجر السكر Beta vul-

أمثلة لهذه السيقان. وتوجد سيقان أخرى تعرف تجاوزا بالسيقان القزمية garis Brachyoplasts ذات سلاميات قصيرة جدا وعقد متقاربة بدرجة كبيرة كما في السنط Acacia والكازوارينا Casuarina. وفي نبات الباربرى Barberry توجد سيقان قزمية، في آباط أوراق محورة الى أشواك متفرعة، وتحمل كل منها بضع أوراق صغيرة بسيطة. تحمل هذه السيقان على أفرع النبات العادية.

السيقان تحت الأرضية SUBTERRANEAN STEMS

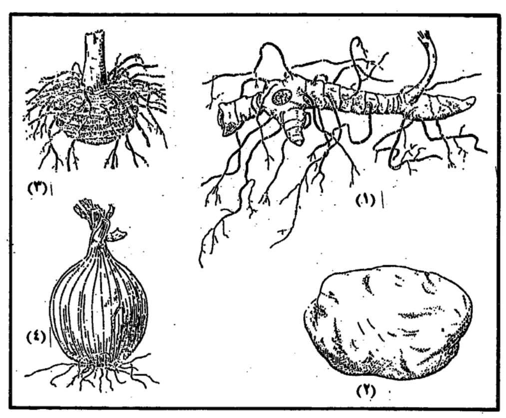
تتميز بعض أنواع النباتات مغطاة البذور بأن لها سيقانا تنمو تحت سطح الأرض. وتحمـل هذه السيقان براعم وأوراقا حرشفية، وينمو من عقدها جذور عرضية وتغلف البراعم بأوراق حرشفية جامدة لحمايتها من مكونات التربة. وتظل براعم الساق الأرضية ساكنة طوال فصل الشتاء، فإذا جاء الربيع تنشط ويتكون عنها فروعا خضراء تزهر في الربيع والصيف. ثم تموت الأعضاء الخضرية الهوائية مع انتهاء فصل النمو، ويتجدد النمـو الخضرى ثانية في المـوسم التالى معتمدا على الغذاء المخزون فيها. وتبعا لذلك تستطيع أمثال هذه النباتات أن تعيش من عام الى آخر . وكثير من هذه السيقان ذات أهمية إقتصادية للإنسان فهو يستخدمها كغذاء مثل درنات البطاطس وكورمات القلقاس والبصلة في نبات البصل (شكل ٢٦) والثوم. ومن السيقان الأرضية الهامة ما يأتى:

١ — الرايزوم Rhizome وهو ساق أرضية متفرعة تنمو أفقيا تحت التربة، وتتميز فيها العقد والسلاميات. ويحمل الرايزوم أوراقا حرشفية صغيرة في أبط كل منها برعما أبطيا، وتنمو جذورا عرضية ليفية متفرعة عند العقد، كما يوجد لها برعم طرفى.

ويعض الـريزومات تكون رفيعة كما في نبات النجيل Cynodon dactylon والبعض الآخر تكون سميكة كما في الكنا Canna indica والسعد Cyperus والسوسن Iris. وإذا كان الرايزوم طويلا رفيعا، وسلامياته طويلة، كما في نبات النجيل Cynodon وحشيشة الرمل Ammophila سمى بالرايزوم الحبلى Sobole.

وفي بعض النباتات، ينمو الرايزوم رأسيا وليس أفقيا كما في نبات الهندباء البرى Taraxacum spp.

وفي مثل هذه الحالة ينمو من قمة الرايزوم جذور عرضية شادة تسحب الجزء الهوائى الى العمق المنـاسب تحت سطح الـتربـة. ويحدث الانكماش في هذه الجذور السميكة نتيجـة لاستهـلاك النبـات ما بهـا مـن غـذاء مدخـر. ويسمى هـذا النـوع بالسـاق الجذريـة Root Stock.



(شكل ٢٦): أنواع السيقان الأرضية

١ـ خاتم سليمان (ريزوم) ٢ـ البطاطس (درنة)
٣ـ القلقاس (كورمة) ٤ـ البصل (بصلة)

وفي معظم الرايزومات، يحدث النمو الخضرى الهوائى في فصل النمو نتيجة لنمو البراعم الطرفية حيث تعطى فروعا هوائية خضراء بينما التفرع تحت سطح الأرض يتم عن طريق البراعم الابطية التي تقع خلف البراعم الطرفية في آباط أوراق حرشفية.

وكثير من الريزومات ذات أهمية اقتصادية طبية مثل نبات الكركم Curcuma longa والزنجبيل Zingiber officinale.

ومن الأعشاب الضارة التي تسبب متاعب للزراع وخفضا للحاصلات نبات السيفون Agropyron junceiforme ونبات الحلفاء Agropyron repens وهي ريزومات معمرة، تنتشر بسرعة في الحقول، ولهذا يتطلب الأمر ضرورة نزعها من التربة بمجرد ظهورها على السطح. ويستفاد من نبات Psamma arenaria في تثبيت الكثبان الرملية نتيجة لريزوماته الطويلة المعمرة وجذوره العرضية المتعمقة.

٢ — الدرنات الساقية Stem Tubers وهي سيقان متضخمة تنمو تحت سطح التربة.

وتتكون الدرنة نتيجة لتضخم مناطق أو أجزاء معينة من السيقان مثل السلاميات والعقد والـبراعم ويعتبر نبات البطاطس Solanum tuberosum من أهم النباتات ذات الأهمية الاقتصادية بالنسبة لغذاء الانسان ، والذي تتكون له درنات ساقية تحت سطح التربة .

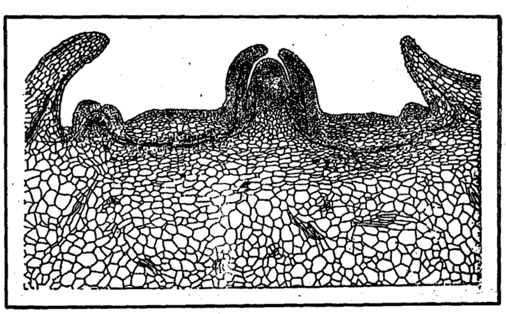
فإذا زرعت درنات بطاطس صغيرة أو قطعة مناسبة من درنة كبيرة ، على عمق مناسب في التربة ، فان بعض البراعم الموجودة على سطح الدرنة (شكل ٢٧) ، في تجاويف صغيرة غير عميقة تسمى العيون Eyes تنمو مكونة نوعين من الأغصان هما :

أ ـ هوائية ذات أوراق مركبة خضراء تحمل أزهارا ، وذات جذور عرضية ليفية متفرعة .

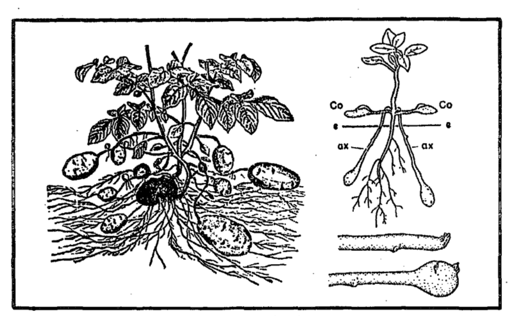
ب ـ أرضية مدادة ، رايزوم تنمو أفقية تحت سطح التربة وتحمل أوراقا حرشفية وجذورا عرضية متفرعة .

ويبـدأ تكـوين الدرنات بانتفاخ أطراف السيقان الرايزومية لتتكون منها الدرنات . نبـات البـطاطس طبقـا لما تقـدم ، تتكون له ثلاثة أنواع من السيقان ، الساق الهوائية العشبية ذات الأوراق الخضراء ، التي تجهز الغذاء للنبات ، والرايزوم الأرضية والساق الدرنية (شكل ٢٨) .

ودرنـة البطاطس مستديرة أو بيضاوية ، وقد تكون مستطيلة نوعا وسميكة . وتحمل البراعم الابطية على الدرنة في مجاميع تسمى كل منها عين Eye. تحتوى الواحدة على ثلاثة



(شكل ٢٧) : قطاع طولى في عين من عيون درنة البطاطى يوضح تركيب البراعم والأنسجة المحيطة .



(شكل ٢٨): يوضح تركيب ومنشأ درنات البطاطس من الأجزاء الطرفية لأفرع الريزوم. لاحظ وجود عدد من الدرنات الهوائية التي تنشأ من براعم إبطية.

براعم أو أكثر، والبرعم الوسطى أكبرها، وكل برعم في أبط ورقة حرشفية صغيرة سرعان ماتسقط. وتقـترب العيون من بعضهـا عنـد الـطرف القمى للدرنة، ويختلف عددها وعمقها تبعا للصنف. بينما توجد ندبة في الطرف المقابل لقمة الدرنة تحدد موضع اتصالها بالرايزوم. وعادة تكون العيون قليلة أو غائبة بجوار هذه الندبة.

ودرنة نبات البطاطس تحاط من الخارج بغلاف فلينى واحد لأنسجتها الداخلية يحوى عددا من العديسات. هذا الغلاف الفلينى تكون نتيجة لنشاط الكمبيوم الفلينى -Phel logen الـذي نشـأ في طبقة تحت البشرة. وينشأ هذا الكامبيوم في فترة وجود البشرة في الدرنة الصغيرة مكونا خلايا فلين الى الخارج وخلايا بارنكيمية الى الداخل. يطلق على هذا التركيب مجتمعا اسم البريدرم Periderm. ويتراوح سمكه بين ٦ـ١٠ طبقات. وقبل أن يصـل حجم الدرنة الى حجم بذرة البازلاء Pisum sativum يكون نسيج الكامبيوم الفلينى قد أحاط بها كليا.

والقشرة Cortex ضيقة تتألف من خلايا بارنكيمية خازنة تحتوى خلاياها السطحية على دباغ Tanins وبروتينات وبلورات بالاضافة الى قليل من النشا.

والنخـاع Pith يشغـل جزءا وسـطيا صغـيرا ويظهر غير منتظم في الشكل، تحتوى خلاياه، نسبيا، على قليل من النشا. والأسطوانة الوعائية Vascular cylinder توجد بين القشرة والنخاع، وهى ضيقة تتألف من خشب ثانوى ولحاء، ويوجد لحاء ابتدائى الى

الخـارج منه مكونا منطقة محدودة من خلايا خازنة. ويوجد الى الداخل من الاسطوانة الـوعائية الجزء الرئيس من البارنكيما الخازنـة للنشـا تحتـوى علـى مجموعـات متناثـرة مـن لحـاء داخلـى.

وفي نبات حشيشة الزمير الكاذب Arrhenatherum elatius تتكون الدرنة من تضخم سلاميات الساق، ولهذا تشاهد الدرنات على هيئة سلسلة من درنات متتالية.

يمثـل نبـات الـطرطـوفـة Helianthus tuberosus نمـوذجـا آخر للدرنات الساقية الأرضية. والغذاء المخزن ليس نشا كما في البطاطس، وانما مادة الانيولين Inulin تتحول إلى سكر فواكه، ويستفاد منها كغذاء وعلف للحيوان.

في بعض النباتات مثل Seropegia woodii وهو نبات رهيف متسلق ينتمى الى العائلة العشارية Aslepiadaceae تتكون درنات هوائية على بعض عقد الساق نتيجة لتضخم العقدة وقاعدتى ورقتيها الصغيرتين وبرعميها الابطين. وكثيرا ماتشاهد جذور عرضية على الدرنات يستخدمها النبات في التسلق. وفي نبات الكرم البرى Tamus communis تتكون درنة هوائية عند أول سلامية للساق ينمو منها أفرع خضرية كل عام.

٣ — الكورمة Corm وهي ساق أرضية قصيرة ممتلئة وسميكة تمثل تضخما في قاعدة الساق المكونة لها. والكورمة مستديرة تقريبا، تتميز فيها الصفات المميزة للسيقان، فهى مقسمة الى عقد وسلاميات وتحمل أوراقا جرشفية رقيقة تترتب حول عقد الساق، وفي آبـاطهـا براعم ابـطية صغيرة. والبرعم الطرفى للكورمة يكون كبيرا. وبعض البراعم الجانبية قد تنمو مكونة كريات (فكوك) Cormlets كما في نبات القلقاس Colocasia esculenta يمكن استخدامها في التكاثر الخضرى (شكل ٢٦). وتنمو من عقد الكورمة، عنـد قاعـدتها، جذور عرضية ليفية. وكورمة القلقاس ذات سلاميات قصيرة، وعقد تكسوها أوراق حرشفية في آباطها عدة براعم.

ومن أمثلة النباتات ذات الكورمات نبات الجلاديولس Gladiolus ونبات الزعفران Crocus.

وتحاط كورمة الزعفران بأوراق حرشفية غشائية. تختلف سلاميات كورمة الزعفران في الطول من القاعدة الى القمة وتشاهد على العقد الندب الحلقية للأوراق الحرشفية.

٤ — البصلة Bulb وهي ساق أرضية قصيرة قرصية أو مخروطية الشكل تحمل قواعد بضـع أوراق لحمية سميكـة خازنـة للمـواد الغـذائية، تغلفهـا أوراق خارجية رقيقـة حرشفية، ناعمة يتألف منها غلاف البصلة. يتوسط الساق القصيرة برعم طرفى تحيط به قواعد الأوراق السميكة (شكل ٢٦). وأحيانا توجد براعم جانبية في آباط بعض هذه القواعد. هذه البراعم هي التي ينشأ عنها أبصال العام التالى.

والأجـزاء الخضراء للأوراق تذبـل وتجف عنـد نهاية موسم النمو. ويوجد كثير من الجذور العرضية على الجزء الأسفل للساق، تنمو عند توفر الرطوبة. من أمثلة نباتات الأبصال، البصل Allium والنرجس Narcissus tazzatta والتيوليب Tulipa montana. وإذا كانت الحـراشيف وقـواعد الأوراق السميكة تحيط تماما بالساق، تظهر البصلة في القطاعات العرضية في صورة حلقات مركزية كاملة، عرفت البصلة باسم المغلفة Tunieated bulb كما في نبات التيوليب Tulipa والبصل والنرجس. أما اذا غطيت الساق بحراشيف ضيقة تتراكب فوق بعضها فلا تغلف أي منها محيط الساق سميت البصلة في هذه الحالة بصلة متراكبة Imbricated bulb كما في الزنبق Lilium.

وتتركب البصلة في نبات الثوم Allium sativum من عدة بصيلات Bulblets تسمى الفصوص، يمثل كل منها برعما ابطيا له ساق قصيرة مخروطية الشكل تقريبا تحمل عند قمتها برعما طرفيا وتغلفها ورقة حرشفية لحمية سميكة. وتحاط البصيلة من الخارج بورقة حرشفية رقيقة شفافة. وكل بصيلة يمكن فصلها وزراعتها فتعطى نباتا جديدا له بصلة من عدة بصيلات. وفي بعض النباتات مثل نبات الزنبق Lilium تتكون بصيلات هوائية Bulbils في آباط أوراق الساق الهوائية التي تحمل الأزهار. تستخدم هذه البصيلات في عملية التكاثر الخضرى، ويمكن اعتبارها براعم ابطية تسقط على التربة الرطبة مكونة نبـاتـات جديدة. وفي نبات الثوم أيضا وكذلك الكرات Leek يتكون عدد من نباتات صغـيرة Plantlets على النورة بدلا من الثمار، عبارة عن بصيلات Bulbils. تسقط هذه البصيلات ويتكـاثر بواسطتهـا النبات. يطلـق علـى هـذه النباتات مصطلـح ولـوده Viviparous.

الفسائل الجذرية Suckers وهي سيقان عرضية، تمثل أحدى الصفات الهامة في الجذور وهى عبارة عن سيقان خضرية تنشأ من الجذور الممتدة أفقيا تحت سطح الأرض والتي تنشأ من قاعدة الساق. هذه الفسائل تتكون كبراعم خضرية تتكشف الى سيقان ذات أوراق خضراء فوق سطح التربة، كما في الورد وتوت العليق Rosa idaeus والصفصاف Salix والحـور Populus والبندق Corylus. والفسائل الجذرية تعتبر احدى الوسائل التي تتكاثر بها كثير من النباتات.

البراعـــــم BUDS

الـبرعم Bud غصن قصير جدا غير مكتمل التكوين سلامياته قصيرة جدا، ينتهى طرفه بمنطقة من خلايا مرستيمية تسمى المرستيم القمى Apical meristem غالبا يكون مخروطي الشكل تحيط به مجموعة من وريقات صغيرة جدا ومتقاربة من بعضها بدرجة كبـيرة، ومتـدرجة في تكشفها وتترتب في نظام يماثل نظام ترتيب الأوراق الناضجة على

نفس النبات عادة، ويوجد برعم واحد في ابط كل ورقة يسمى البرعم الإبطى Axillary bud أو الجانبى Lateral bud. كما يوجد برعم آخر عند قمة الساق أو الفرع يسمى البرعم الـطرفى Terminal bud أو القمى Apical bud . وينتج عن نمو البراعم الابطية أفرعا خضرية أو أزهار أو نورات، وقد تتحور الى محاليق أو أشواك. والبرعم الطرفى يعتبر أكبر البراعم على ساق النبات، ويؤدى نموه الى زيادة طول الساق خلال فترة النمو الخضرى، وقد يتكشف عنه زهرة أو نورة أو محلاق.

وتنمو الساق في الطول نتيجة لانقسام خلايا المرستيم القمى وانقسام الخلايا الناتجة عنه وزيادتها في الحجم. والبرعم يتضمن عددا من العقد والسلاميات غير الناضجة وعـددا من الأوراق المتدرجة في التكشف والحجم. وعندما تنشأ الأوراق من المرستيم القمى للبرعم فإن العقد والسلاميات يتعذر تمييزها كمناطق فاصلة.

يمثل نبات الكرنب Brassica oleraceae برعما قميا كبيرا محاطا بأوراق برعمية خضراء يلتف بعضهـا حول البعض الآخـر. توجـد في آبـاط الأوراق الداخلية براعم ابطية. وكرنب بروكسل B. oleraceae ينتج عنه براعم ابطية كبيرة، تترتب الأوراق فيها حلزونيا حول المحور، ويوجد برعم في ابط كل ورقة. والقمة الطرفية تغلفها مجموعة من أوراق صغيرة متدرجة في العمر. وفي نبات القنبيط Brassica oleraceae var. botrytis يتكشف عن الـبرعم الطرفى نورة متضخمة يخزن الغذاء في حوامل الأزهار. وتتم حماية أنسجة البرعم الرهيفة من العوامل البيئية غير الملائمة بأوراقها التي تغلف بعضها البعض وليس بحراشيف قوية. مثل هذه البراعم تسمى البراعم العارية Naked Buds. وأوراق البراعم العارية تكون من نوع واحد. وبراعم بعض الأشجار وكثير من الأعشاب تكون عارية. وفي نبات البربرى Berberis vulgaris وحبل المساكين Hedera helix وشجرة الدبق Vis-cum album تغطى الأوراق الخارجية للبراعم بشعور كثيفة فقط ولهذا تعتبر عارية.

في الغـالبية العـظمى من الأشجـار والشجـيرات، تكـون البراعم ساكنة في أواخر الخـريف وخلال الشتاء، لأن الظروف الجوية غير ملائمة للنمو. ولهذا، فان الأجزاء الرهيفة لهذه البراعم مثل المرستيمات القمية، وبدايات الأوراق والأوراق الحديثة جدا، تحمى من الصقيع والعـواصف والأمطار، بواسطة تراكيب جلدية، جامدة وسميكة، تسمى حراشيف البراعم Bud Scales. والبراعم التي تغطى بمثل هذه الحراشيف تسمى البراعم المغطاة Protected Buds أو البراعم الشتوية Winter Buds.

حراشيف البراعم قد تكون عبارة عن قواعد أوراق متحورة كما في نبات الجميز Ficus Sycamore وأبو فروة الحصان Aesculus. في هذين النباتين، البرعم الشتوى تغلفه حوالى

١٢ أو أكثر من حراشيف زورقية الشكل متراكبة في وضع متقابل متصالب، تنمو عليها شعور تفرز مواد صمغية وراتنجية تلحم الحراشيف معا وتغطى سطح البراعم وبذلك تصبح الحماية مزدوجة.

وحراشيف براعم الكثير من الأشجار في الغابات عبارة عن أذينات محورة كما في نبات الزان Fagus sylvatica والحور .Populus spp والبلوط Quercus. وحراشيف براعم شجرة الأغروان Syringa vulgaris خضراء اللون عبارة عن أوراق مختزلة (قواعد أوراق) عددها ٨ أو ١٠. والحـراشيف الـبرعمية قد تكـون متراكبة أو متلاصقة، وهى إما متماثلة في الشكل أو متباينة شكلا وحجما. وتختلف براعم الأشجار في الشكل والحجم واللون تبعا لنـوع النبات، ولهذا يستفاد من الاختلافات بينها في تحديد اسم جنس النبات خلال فصل الشتاء. وفي فصل الربيع، تأخذ البراعم الشتوية في التكشف، فتسقط الأوراق الحـرشفية فرادى أو في أزواج، وقـد يستغـرق النمو فترة قصيرة أو طويلة. وفي بعض النبـاتـات تذبـل الحـراشيف على الغصن حينـما يتفتح البرعم دون أن تسقط. وتترك الحـراشيف بعد سقوطها ندبا Scars حول الساق تدل عليها، تظهر في صورة حلقات متقاربة حول قاعدة البرعم، تساعد في تحديد عمر الفرع.

البراعم الإضافية ACCESSORY BUDS

في بعض النباتات، يوجد أكثر من برعم واحد في ابط الورقة، يمثل أحدها البرعم الابطى الأصلى بينما الاخرى تسمى البراعم الاضافية، فمثلا في نبات القطن -Gos .sypium spp والجوز Juglans والجهنمية Baugainvilla يوجد برعم اضافى واحد، بينما في الدورانتا Duranta يوجد برعمان اضافيان، وفي البن Coffea arabica توجد بضعة براعم.

وتــترتب هذه الــبراعم امـا في صف أفقى عرضى كما في الجميز Ficus sycamore والمشمش Prunus armeniaca بينـما في القطن والجوز Juglans وشجرة الجراد Robinia توجد البراعم مرتبة في صف طولى.

وينمـو الـبرعم الأصـلى الأوسط في المشمش مكونا فرعا خضريا بينما الآخرين على جانبية يمثل كل منهما برعما زهريا.

وفي نبـات القـطن، لاتنمو البراعم الاضافية في المنطقة القاعدية من الساق حيث تعطى البراعم الأصلية أفرعا خضرية، بينما في المنطقة العليا تنمو الاضافية فقط وتعطى أفرعا زهرية. وفي الدورانتا قـد يتأخـر نمـو البرعـم الأصلـى فينمـو الاضافـى مكونـا شوكـة أو غصــن مورق .

البراعم الساكنة DORMANT BUDS

خلال موسم النمو، تنمو البراعم الطرفية والابطية مباشرة وينتج عنها أفرعا خضرية أو أزهارا او نورات أو أفرعا زهرية فيطلق عليها اسم البراعم النشطة Active buds.

وتبقى براعم كثيرة في النبات ساكنة فلا تنمو في فصل النمو، مع احتفاظها بقدرتها على التكشف لفترات معينة. وتؤدى عمليات التقليم الى ازالة البراعم الطرفية مما يؤدى الى تنشيط البراعم الساكنة ونموها مكونة مجموعا خضريا جديدا كما في نبات العنب Vitis ونبـاتـات الأسوار. وقد يؤدى هلاك البرعم الطرفى الى نفس النتيجة. وحتى في الأشجار قد تتكون فروع خضرية كثيرة على الفروع القديمة اذا ماهلك البرعم الطرفى.

وقد يموت الكثير من البراعم الساكنة، بينما يبقى بعضها حيا.

وكثـيرا ما تكـون الأفـرع المتكـونة على جذوع بعض الأشجار مثل البلوط والجميز والدردار Ulmus ناتجة عن براعم ساكنة.

البراعم العرضية ADVENTITIOUS BUDS

وتشمل جميع البراعم التي تنشأ في غير موضعها الطبيعى، فلا تنشأ هذه البراعم في آباط الأوراق أو قمم السيقان والأفرع، وانما تنشأ جديدة على جذوع بعض الأشجار، وجذور بعضها مثل الحور Populus والشجيرات مثل الورد Rosa. وكثيرا ماتتكون براعم جديدة عرضية على جذوع أشجار الكازوارينا Casuarina والكافور Eucalyptus بعد أن تقـطع، وعـلى بعض الجـذور مثـل البطاطا Ipomoea batatus والبن Coffea arabica والداليا Dahlia.

وتنشأ البراعم العرضية أيضا على الأوراق مثل البيجونيا Begonia أو عند تعرجات حافة الورقة كما في نبات Bryophyllum وهذه البراعم الورقية تتكون لها جذور عرضية تثبتها في بيئة النمو وتمتص منها الغذاء.

تكشف البراعم

يمكن تقسيم البراعم تبعا لتكشفها الى براعم خضرية Vegetative وبراعم زهرية Flower buds وبراعم مختلطة Mixed buds. والبراعم الخضرية ينتج عنها أفرعا خضرية تحمل أوراقا، ولهذا تسمى أحيانا بالبراعم الورقية Foliage buds. بينما ينتج عن البراعم الزهرية أزهارا أو نورات، ولما كانت الثمار تنشأ عن الأزهار، فإن البراعم الزهرية تسمى أحيانـا الـبراعم الثمـرية Fruit buds. والـبراعم المختلطة تنشأ عنها فروعا تحمل أوراقا وأزهارا كما في التفاح Malus sylvestris.

ترتيب البراعم

تنشأ الـبراعم عادة في آباط الأوراق ولهذا فإن ترتيبها يتفق مع ترتيب الأوراق على الساق. ويكون ترتيب البراعم الابطية متبادلا Alternate عند عقد الساق كما في القطن Gossypium والجوز Juglans. وأحيانا تكون البراعم متقابلة حيث يوجد برعمان متقابلان عند العقدة في ابط ورقتين متقابلتين كما في نبات الكوليس Coleus. وفي عدد غير قليل من النباتات تترتب البراعم في نظام سوارى فتوجد ثلاثة براعم على الاقل حول العقدة في آبـاط اوراق سـوارية علـى مسافات متساوية تقريبا مـن بعضها البعـض كمـا فـي الدفلة Nerium.

صور الأوراق داخل البرعم Vernation

يدل المصـطلح Vernation على الصورة التي توجد عليها الأوراق حديثة التكشف داخل البرعم. وتتنوع هذه الصور تبعا لنوع النبات، ومن أمثلتها مايأتى:

١ ـ **ورقة ملتفة جانبيا** Convolute حيث يلتف نصل الورقة حول نفسه طوليا من أحد جانبيه الى الآخر، ويصبح على شكل بكرة الورق اللاصق، كما في براعم الورد Rosa spp. والبرقوق Prunus domestica.

٢ ـ **ورقة ملتفة على السطح السفلى** Revolute حيث يلتف نصل الورقة من قمته الى قاعدته على السطح السفلى كما في براعم الحماض Rumex وورد الخليج Rhododendron

٣ ـ **ورقة ملتفة على السطح العلوى** Involute حيث يلتف نصل الورقة من قمته الى قاعدته على السطح العلوى كما في براعم التفاح Malus sylvestris والحور Populus والكمثرى Pyrus communis.

٤ ـ **ورقـة منطبقة** Conduplicate حيث ينطبق نصفا النصل على بعضهما طوليا من السـطح العلوى على امتـداد العـرق الـوسـطى كما في براعم البلوط Quercus والكريز Prunus cerasus.

٥ ـ **ورقة ملتفة الطرف** Ciricinate : في هذه الحالة يلتف نصل الورقة من قمته الى قاعدته على السطح العلوى في شكل بكرة كما في براعم ورد الشمس Drosera.

ويمكن التعرف على هذه الطرز بالقطاعات العرضية في البراعم المطلوب دراستها.

تفرع السيقان BRANCHING OF STEMS

نادرا مايكون للمجموع الخضرى محور واحد غير متفرع كما في نخيل البلح Phoenix وجـوز الهنـد Cocos nucifera. ويحـدث التفـرع في سيقان مغطاة البذور نتيجة لنشاط

البراعم الجانبية، وبصفة خاصة البراعم النشطة وطبيعة تكشفها. ويرتبط تفرع السيقان أيضا بسلوك البراعم الطرفية.

ويوجـد نوعـان من تفرع السيقان مغطاة البذور يسمى الأول بالتفرع غير المحدود والثانى بالتفرع المحدود.

١ — التفرع غير المحدود Racemose branching

يسمى أيضا بالتفرع صادق المحور الأصلى Monopodial branching. وفي هذا النوع من التفرع، يستمر البرعم الطرفى للساق في النمو طوال حياة النبات الأمر الذي يؤدى الى استمرار زيادة الساق في الطول حاملة أفرعا جانبية وأوراقا. وتتكون الأفرع الجانبية نتيجة لنشاط البراعم الابطية، ويكون أحدثها وأقصرها أقرب الى القمة بينما أكبرها عمرا وأطولها يكون عند قاعدة الساق. ويعرف هذا الترتيب في الأفرع باسم التعاقب القمى Acropetal succession كما في نبات الكازوارينا Casuarina equisetifolia والجميز Ficus sycamore. ويسمى هذا المحور المستمر في النمو الطرفى بالمحور الصادق Monopodium.

٢ — التفرع المحدود Cynose branching

يسمى أيضا بالتفرع كاذب المحور الأصلى Sympodial branching. وفي هذا التفرع ينشط البرعم الطرفى في النمو لفترة محدودة يتوقف بعدها بسبب تكشفه الى محلاق أو زهرة أو شوكة.

وفي معظم الأشجار عادة يذبل البرعم الطرفى ويسقط كما هو الحال في شجرة الدردار Ulmus والصفصـاف Salix. ورغم هذه التغيرات، فانّ ساق النبات يستمر في النمو، نتيجة لنشاط برعم أو أكثر من البراعم الجانبية التي تقع أسفل البرعم الطرفى الذي تحور أو توقف عن النمـو الخضرى. وبـاستمـرار النمو على هذه الصورة، يصبح المجموع الخضرى عبارة عن عدد من المحاور الكاذبة التي لم تنشأ جميعها عن البرعم الطرفى وانما عن البراعم الابطية التي تقع تحته. وتوجد ثلاثة أنواع من التفرع المحدود وهي :

أ — تفرع محدود وحيد الشعبة Monochasium وفي هذا التفرع، يتوقف نشاط البرعم الطرفى عن النمـو الخضرى نتيجة لتحوره أو هلاكه. ويستمر النمو في الساق نتيجة لنشاط البرعم الأبطى الذي يقع تحته مباشرة، وينتج عنه ساقا محدودة النمو تصبح على استقامه الفرع السابق لها ويتوقف برعمها الطرفى عن النمو الخضرى كما سبق بعد فترة ليستكمل النمو الجديد برعم آخر تحت طرفى.

وباستمرار النمو على هذه الصورة يصبح المجموع الخضرى عبارة عن محور كاذب

Sympodium لأنه يتألف حقيقة من عدة أفرع أصولها مختلفة كل فرع منها ناتج عن برعم جانبى . هذا التفرع يوجد في نبات العنب Vitis وفي ريزوم النجيل Cynodon dactylon. وفي العنب يتحور البرعم الطرفى الى محلاق للتسلق، وفي النجيل يتحور البرعم الطرفى للريزوم تحت سطح التربة الى فرع هوائى، ويكمل محور الريزوم الأصلى فرع جانبى يخرج من ابط ورقة حرشفية تقع خلف القمة مباشرة.

ب — **تفرع محدود ثنائى الشعب** Dichasium ويوجد هذا التفرع في النباتات ذات الأوراق المتقابلة على الساق مثل الجيبسوفيلا Gypsophila. وحينما يتوقف نمو البرعم الطرفى لتحوره أو هلاكه، ينشأ فرع جانبى محدود النمو من ابط كل من الورقتين المتقابلين اللتان تقعان تحت مستوى البرعم الطرفى المتحور. ويتكرر هذا التفرع ثانية على هذه الأفرع الجانبية.

ج - **تفرع محدود عديد الشعب** Polychasium وتتميز نباتات هذا النوع من التفرع بأن الأوراق تكون مرتبة سواريا حول العقدة. ويتوقف النمو الخضرى للبرعم الطرفى للساق الأصلية، وينشأ محور جانبى محدود النمو من ابط كل ورقة تقع تحت مستوى البرعم الطرفى المتحور. ويتكرر هذا التفرع على الأفرع الجديدة.

الفصل السابع

الأوراق

THE LEAVES

- التركيب الخارجي للورقة
- نصل الورقة
- العنق
- قاعدة الورقة
- الأذينات
- الأوراق المركبة
- بقاء الورقة
- ترتيب الأوراق على الساق
- التباين الورقي
- الأوراق المتخصصة

الفصل السابع
الأوراق
THE LEAVES

الأوراق زوائد جانبية خضراء اللون عادة رقيقة مسطحة، تحمل على عقد الساق، وتعتبر عملية البناء الضوئى أهم الوظائف التي تتخصص فيها.

وتنشـأ بداية الـورقـة Leaf primordium من المرستيم القمى للبرعم الخضرى، وباستمرار النمو تتطور تدريجيا الى الورقة العادية للنبات.

وفي الغالبية العظمى من النباتات مغطاة البذور تتميز الورقة بشكلها المنبسط ووجود العـروق فضـلا عن لونها الأخضر ويتراوح طول الـورقـة العـادية الخضراء بين بضعة ملليمترات وبضعة أقدام كما في نبات الموز Mousa sapientum وقد يصل الطول الكلى للورقـة الى حوالى ٢٥ متر، مثـل أوراق نبـات جوز الهنـد Cocos nucifera. وتتبـاين الأوراق، بصفة عامة، في تركيبها ووظائفها.

التركيب الخارجى للورقـة

في معـظم النبـاتـات الزهرية، تتركب الورقة من ثلاثة أجزاء، هى النصل والعنق والقاعدة. وفي كثير من النباتات ذات الفلقتين توجد زائدتان جانبيتان عند قاعدة الورقة تسمى كل منهما أذينة Stipule. وفي بعض النباتات تسقط الأذينات مبكرا في فترة حياة الـورقـة، وأحيانا تكون دائمة، كما في البازلاء، وتمثل جزءا من جهاز البناء الضوئى. ونادرا توجد الأذينات في ذوات الفلقة الواحدة مثل عائلة Butomaceae.

نصل الورقـــة THE BLADE OR LAMINA

هو الجزء المنبسط من الورقة، غالبا أخضر اللون، ويعتبر أهم جزء في الورقة يختص بعملية البنـاء الضـوئى. والسـطح العلوى للنصل يكون أدكن من السفلى وقد يكون

سطح النصل أملس، أو مغطى بشعور ناعمة أو خشنة، وأحيانا تنمو أشواك صغيرة على النصل، أو شعيرات غدية. وقد يكون سطح النصل مغطى بطبقة سميكة من الشمع سمكها حوالى بضعة ملليمترات كما في أوراق نخيل الشمع البرازيلي Copernicia prunifera.

ويدعم النصل مجموعة من العروق تتوزع فيه وفق نظام معين، يختلف أساسا في أوراق ذوات الفلقتين عن الفلقة الواحدة. وفي معظم النباتات، يكون العرق الوسطى للورقة أكبر العروق، وتتفرع منه عروق أخرى جانبية تكون أقل منه في السمك. وكما يختلف نظام التعريق، يختلف أيضا شكل النصل والحافة والقمة والقاعدة تبعا لنوع النبات.

أ ــ أشكال النصل FORMS OF BLADES (شكل ٢٩)

يمثل النصل في الورقة أحد صفاتها التركيبية الهامة. ومن أهم اشكال النصل الشائعة مايأتي:

١ ــ **شريطى** Linear : والنصل طويل وضيق، طوله عدة أمثال العرض. وحافتا النصل تكاد تكون متوازيتان. وهذا النصل يعتبر صفة مميزة في أوراق نباتات العائلة النجيلية Poaceae.

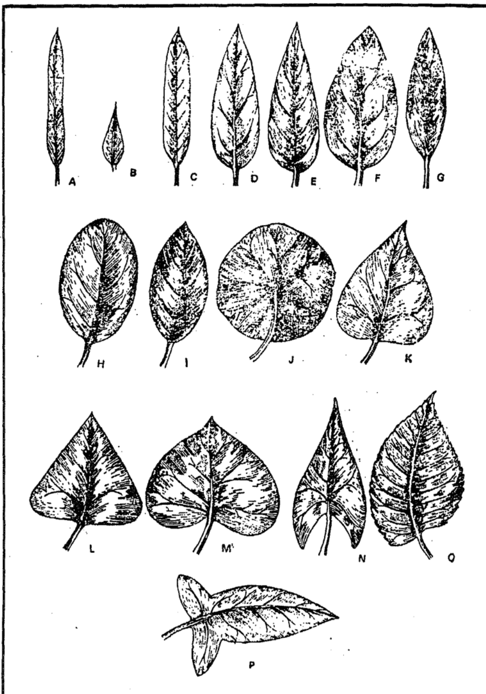
٢ ــ **رمحى** Lanceolate : ويشبه الرمح، قاعدته تكون عريضة نوعا، ويستدق تدريجيا تجاه القمة التي تكون حادة، مثل أوراق نبات الدفلة Nerium oleander والكافور Eucalyptus ولسان الحمل .Plantago spp.

٣ ــ **سهمى** Sagitate: ويشبه رأس السهم وقاعدته ممتدة في شكل فصين يتكون من كل منهما زاوية حادة مع عنق الورقة، مثل نبات القطبة Sagittaria sagittifolia.

٤ ــ **مزراقى** Hastate : ويشبه في شكله رأس السهم غير أن فصا القاعدة يكونان منفرجان أفقيا ومتجهان الى الخارج، مثل أوراق نبات العليق Convolulus والحماض Rumex.

٥ ــ **ملعقى** Spatulate : ويشبه الملعقة، يكون مستديرا عند القمة ويضيق جزؤه القاعدى تدريجيا، كما في نبات الرجلة Portulaca oleracea.

٦ ــ **بيضى** Ovate : ويشبه في شكله القطاع الطولى لبيضة الدجاج، ويكون طوله حوالى مرة ونصف مثل اتساعه، حافتاه وطرفاه ومقوسان. العنق يتصل بالطرف العريض للنصل، كما في الدوارنتا Duranta.



Leaf shapes. A—Acicular or needle shaped; B—Subulate; C—Linear; D—Oblong; E—Lanceolate; F—Ovate; G—Oblanceolate; H—Obovate; I—Oval; J—Orbicular; K—Cordate; L—Deltoid; M—Reniform; N—Sagittate; O—Oblique; P—Hastate.

(شكل ٢٩) : أشكال أنصال الأوراق.

٧ ــ **قلبى Cordate** : ويشبه في شكله القلب، طوله أكبر من عرضه، قاعدته ذات فصين مستديرين. وفي هذا النصل يتصل عنق الورقة بالتجويف بين الفصين كما في نبات المشمش Prunus armeniaca والبطاطا Ipomoea batatas.

٨ ــ **درعى Peltate** : والنصل مستطيل يشبه الدرع. ويتصل عنق الورقة بالسطح السفلى للنصل، مثل ورقة أبى خنجر Tropaeolum majus.

٩ ــ **شبه مثلث Deltoid** : ويشبه مثلث متساوى الساقين يتصل عنق الورقة بمنتصف قاعدة النصل، كما في ورقة نبات الحور Populus.

وهناك أشكال اخرى مثل الأنبوبى Tubular حيث يكون مجوفا كما في ورقة نبات البصل. وفي أحد أنواع جنس السمار Juncus تكون الأوراق أسطوانية بداخلها نخاع Pith وفي نوع آخر تكون الورقة اسطوانية مجوفة ذات حواجز Septa عرضية عديدة تجعل مظهر الورقة مفصليا عند جفافها. وقد تأخذ الورقة الشكل الكلوى Ramiform كما في خف الجمل Bauhinia والمستدير Orbiculate حيث يتصل العنق بحافته.

ومن أشكاله أيضا القلبى المقلوب Obcordate ويشبه القلب غير أن العنق يتصل بالنصل عند طرفه الضيق.

وقد تختزل الأوراق الى أغماد Sheaths تحيط بقاعدة الساق الاسطوانية الرفيعة كما في العائلة الزنبقية Liliaceae.

ب ــ حافة النصل LEAF MARGIN (شكل ٣٠)

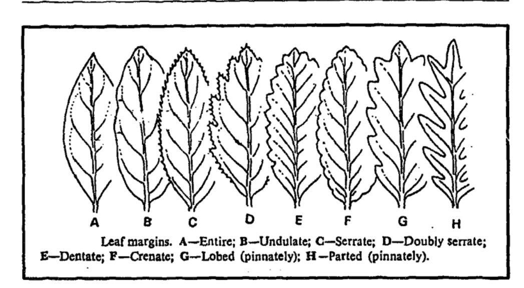
يختلف شكل حافة نصل الورقة تبعا لنوع النبات. ومن أشكال الحافة مايأتى :ــ

١ ــ **كاملة Entire** : الحافة مستوية خالية من أى بروزات أو تعرجات كما في الكافور Eucalyptus والقمح Triticum.

٢ ــ **منشارية Serrate** : تكون بروزات الحافة على شكل أسنان المنشار متجهة الى أعلا مثل ورقة الملوخية Corchorus olitorius ووريقات الورد Rosa والدوارنتا Duranta.

٣ ــ **مسننة Dentate** : البروزات تكون متجهة الى الخارج عمودية تقريبا على الحافة مثل المشمش Prunus armeniaca.

٤ ــ **شوكية Spiny** : تمتد بروزات الحافة في شكل أشواك كما في نبات عود الريح Berberis وشوك الجمال Echinops spinosus.



Leaf margins. A—Entire; B—Undulate; C—Serrate; D—Doubly serrate; E—Dentate; F—Crenate; G—Lobed (pinnately); H—Parted (pinnately).

(شكل ٣٠) : أشكال حافة نصل الورقة .

٥ ــ **معرجة** Crenate : تكون نتوءات الحافة صغيرة على شكل أنصاف دوائر بينها تجاويف Sinuses بسيطة كما في التوت Morus.

٦ ــ **متموجة** Sinuate : تكون الحافة ذات تجاويف غائرة غير منتظمة العمق والحجم كما في أوراق نبات البلوط Quercus.

٧ ــ **مفصصة** Lobed : تكون الحافة ذات فصوص كبيرة وقليلة العدد، تمتد من ثلث الى نصل النصل في اتجاه العرق الوسطى أو القاعدة. ويوجد شكلان لهذه الحافة :

أ ــ **مفصصة ريشية** Pinnately lobed : إذا اتجهت التجاويف بين الفصوص ناحية العرق الوسطى ، مثل الفجل Raphanus sativus.

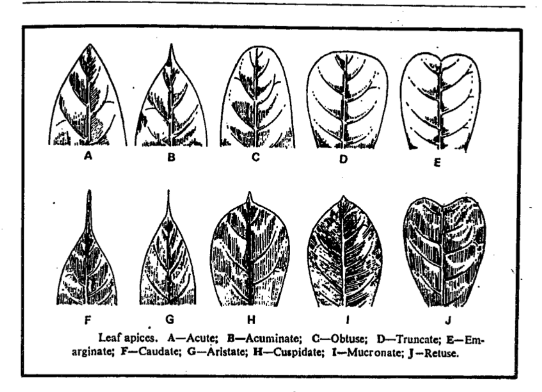
ب ــ **مفصصة راحية** Palmately lobed : تتجه التجاويف نحو قاعدة النصل مثل العنب Vitis والخروع Ricinus.

٨ ــ **مجزأة** Parted : إذا وصلت التجاويف حتى العرق الوسطى أو قريبا منه مثل الجرجير Eruca vesicaria ssp. sativa.

جـ ـ قمة النصل LEAF APICES (شكل ٣١)

يختلف شكل قمة النصل في الورقة من نبات إلى آخر . ومن ذلك مما يأتى :ـ

١ ــ **حادة** Acute : تكون القمة على شكل زاوية حادة، دون أن يكون هناك تقعر على جانبى القمة في النصل كما في الدفلة Nerium والدورانتا Duranta والملوخية Corchorus.



Leaf apices. A—Acute; B—Acuminate; C—Obtuse; D—Truncate; E—Emarginate; F—Caudate; G—Aristate; H—Cuspidate; I—Mucronate; J—Retuse.

(شكل ٣١) : أشكال قمة نصل الورقة.

٢ ــ **مستدقة** Acuminate : القمة مدببة وممتدة نوعا تتقعر حافة النصل قليلا خلفها، كما في الأستر Aster والسرسوع Dalbergia sissoo.

٣ ــ **مذنبة** Caudate : أى أنها مستدقة مذنبة، القمة متطاولة على شكل ذنب كما في ورقة أحد أنواع نبات الفيكس Ficus religiosa. والجزء المدبب في هذه القمة يكون طويلا.

٤ ــ **مستقيمة** Truncate : طرف النصل يكون مستقيما وعموديا على العرق الوسطى، كما في أوراق نبات زهرة الدم Asclepias.

٥ ــ **مستديرة** Obtuse : القمة مقوسة كما في النبق Ziziphus والبوانسيانا Poinciana.

٦ ــ **منخفضة** Emarginate : القمة بها انخفاض عميق وعريض كما في خف الجمل Bauhinia.

٧ ــ **شوكية** Aristate : تنتهي القمة بطرف شوكي مدبب حاد كما في وريقات نخيل البلح Phoenix.

٨ ــ **حلمية** Mucronate : يبرز فيها طرف العرق الوسطى قليلا فتنتهى طرف الورقة بقمة مدببة كما في البرسيم الحجازى Medicago والحلبة Trigonella.

٩ ــ غائرة Restuse : يوجد بالقمة انخفاض ضئيل تحت مستوى طرف الورقة كما في أوراق نبات البرسيم المصرى Trifolium.

د ــ قاعدة النصل BLADE BASE

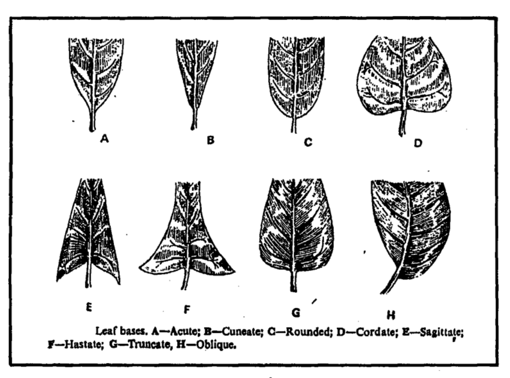
كما يتنوع شكل الحافة والقمة ، فإن هذا التنوع يحدث أيضا في قاعدة النصل (شكل ٣٢) . ومن أشكال القاعدة مايأتي :ـ

١ ــ قلبية Cordate : تشبه القاعدة القلب بصرف النظر عن شكل النصل، كما في البطاطا Ipomoea batatas.

٢ ــ سهمية Sagitate : القاعدة ممتدة في صورة فصين متجهين الى أسفل كما اللبلاب .

٣ ــ مزراقية Hastate تشبه السهمية غير أن الفصين فيها يكونان متجهان الى الخارج كما في العليق Convolvulus.

٤ ــ أذنية Aureculate : القاعدة عبارة عن فصين يشبه كل منهما أذن الانسان مثل Brassica campestris.



Leaf bases. A—Acute; B—Cuneate; C—Rounded; D—Cordate; E—Sagittate; F—Hastate; G—Truncate, H—Oblique.

(شكل ٣٢): أشكال قاعدة النصل.

تعريق الورقة LEAF VENATION

العـروق Veins وهى الحزم الوعائية الموجودة في نصل الورقة، وتمثل امتدادات من النسيج الوعائى في الساق تمر عبر عنق الورقة الى النصل وتتفرع فيه. يشبه العرق طريقا مزدوجـا يتخصص جانب منه في نقل العصارة غير المجهزة من الساق الى نصل الورقة والجانب الاخر ينقل الغذاء المجهز في النصل الى الساق ومنها الى أماكن استهلاكه أو تخزينه في بقية جسم النبات. وتكسب العروق أيضا نصل الورقة الرقيق قوة لازمة لحمايته من التمزق وأداء وظائفه.

وتتوزع العروق في النصل وفق نظام معين يعرف بالتعريق Venation (شكل ٣٣). ويوجـد نظامان أساسيان من التعريق هما التعريق الشبكى والتعريق المتوازى، الأول يعتبر من مميزات غالبية أوراق النباتات ذوات الفلقتين والثاني من مميزات غالبية أوراق النباتات ذات الفلقة الواحدة.

(١) **التعـــريق الشبكى** Reticulate Venation : تختص بهذا التعـــريق غالبية أوراق النباتات ذات الفلقتين ونادرا مايوجد في ذوات الفلقة الواحدة. في هذا التعريق تكون العـروق الصغـيرة Veinlets موزعـة بصـورة غير منتظمة ومتشابكة مع بعضها بداخل النصل. ويوجد من التعريق الشبكى نوعان:

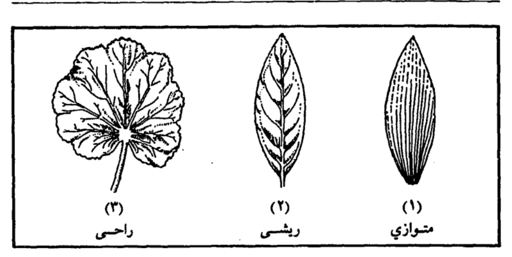
أ ــ **الريشي** Pinnate: حيث يتميز بوجود عرق وسطى Midrib يمتد من قاعدة النصل حتى قمته ويكون أسمك العروق. ويتفرع من العرق الوسطى عروق جانبية تـكون أقل منه في السمك ومتجهة نحو حافة النصل وهذه الفروع الأخيرة تتفرع جانبيا الى أخرى أدق منها. وهكذا يستمر التفرع الجانبى حتى تتشابك الفريعات Vei-nlets مع بعضها، ويتكون عنها جهازا شبكيا كما في التوت Morus والتفاح Malus sylvestris والصفصاف Salix.

ويحدث التعريق الشبكى الريشى في معظم الأوراق البسيطة ووريقات الأوراق المركبة كما في الورد .Rosa spp.

وتوصف الأوراق ذات التعريق الريشى بأنها ريشية التعرق Pinnately veined.

ب ــ **الراحى** Palmate حيث يكون لنصـل الورقة بضعة عروق رئيسية تكون متقاربة في السمك تخرج من قمة عنق الورقة عند قاعدة النصل، وتمتد نحو حافة النصل وقمته، في صورة شكل مروحى يشبه أصابع اليد المنبسطة. هذه العروق تتفرع جانبيا الى أخرى أدق منها.

ويستمر التفرع الجانبى حتى تتشابك الفريعات معا مكونة جهازا شبكيا، ومن



(شكل ٣٣) : أنواع التعريق

أمثلة ذلـك قرع الكوسة Cucurbita pepo ونبات العنب Vitis venifera ونبات القطن Gossypium spp.

ويحدث هذا التعرق في الأوراق راحية التفصيص Palmately veined.

(٢) التعـــريق المتـوازى Parallel Venation : ويختص بهذا التعـريق غالبية أوراق النباتات ذات الفلقة الواحدة. ويوجد منه نوعان :ـ

أ ــ المتـوازى الـطولى Basal parallel : في هذا التعـريق يوجـد عدد من عروق رئيسية متقاربة السمك تمتد متوازية تقريبا بطول النصل من قاعدته الى قمته . وكثـيرا ماتتبـادل هذه العـروق مع أخرى أقل منها في السمك. تتصل هذه العـروق المتـوازية مع بعضهـا بفـريعات دقيقة تمثل وصلات عرضية تجعل التعريق في صورة جهاز شبكى كما في أوراق نباتات العائلة النجيلية Poaceae ونبات البصل Allium cepa.

ب ــ المتوازى العرضى Costal parallel : يتميز في هذا التعرق وجود عرق وسطى كبـير يمتـد من قاعـدة النصل حتى قمته، ويخرج منه فروعا عرضية جانبية متـوازية تقـريبـا تمتد حتى حافة النصل. وتتصل هذه العروق الجانبية معا بواســطـة فريعـات دقيقـة متشـابكـة كمـا فـي أوراق نبـات المـوز Musa والكتان Linum.

والأوراق المـركبـة وبعض البسيطة في عدد من ذوات الفلقـة الـواحدة ذات تعريق متـوازى شبكى أو راحى وحتى ريشى شبكى مثـل القلقـاس Colocasie وفي العائلة الألزمية Alismaceae.

عنـق الورقـة PETIOLE

العنق هو جزء الـورقـة الـذي يحمـل النصـل ويصله بالساق. وعادة يكون العنق اسطوانيا أو مقعرا بعض الشيء من سطحه العلوى، أخضر اللون، طويلا أو قصيرا، أو معدوما. وإذا كان العنق موجودا كانت الورقة معنقة Petiolate أما اذا كان قصير جدا أو معدوما سميت الورقة جالسة Sessile.

والأوراق المعنقـة أكثر انتشارا بين ذوات الفلقتين من الأوراق الجالسة أما في ذوات الفلقة الواحدة فالأوراق غالبا جالسة.

وفي بعض النباتات، قاعدة النصل تحيط بالساق فتسمى الورقة في هذه الحالة محيطية Perfoliate ويظهر الساق ممتدا خلالها. وقد يكون العنق مجنحا كما في النارنج Citrus spp. أو يتفلطح ويصبح ورقيا كما في بعض أنواع السنط Acacia spp. بينما يختزل النصل ويسمى عندئذ بالعنق المتورق Phyllode.

قاعـدة الورقـة LEAF BASE

هى الجـزء القاعدى من عنق الورقة الذي يصله بالساق عند العقدة وهى أضخم قليلا من العنق. وتأخذ القاعدة أشكالا مختلفة فقد تكون منتفخة على شكل وسادة Pulvinus تيسر حركة الورقة في اتجاه الضوء كما في الفول السودانى Arachis hypogaea أو تكون عريضة مفلطحة مكونة غلافا يحيط بالعقدة كما في نباتات العائلة الخيمية Apiaceae مثل الينسون Anise.

وحركة الورقة شائعة الحدوث في العائلة البقولية مثل الحركة النعاسية Sleep-movement في أوراق الفاصوليا Phaseolus والسنط Acacia حيث تأخذ الوريقات وضعا راسيا أثناء الليل. وقد تحدث حركة تلقائية غير مرتبطة بالضوء مثل نبات التلغراف Desmodium حيث ترتفع وتنخفض الوريقتان الجانبيتان الصغيرتان الى أعلا وأسفل كل بضـع دقائق، وفي جنس Mimose تأخذ الوريقات وضعا نعاسيا عند اللمس. ومركز الحركة يوجد في الوسادة.

وفي كثير من النباتات ذات الفلقة الواحدة، مثل نباتات العائلة النجيلية Poaceae والموزية Musaceae تكون الورقة جالسة، تتركب من نصل وغمد Sheath يكون طويلا أنبوبيا يحيط بجزء كبير من طول السلامية وقد يصل الى أطول منها، وعادة يكون جانبه المقـابـل للنصل مشقوقا طوليا. ويقى الغمد الجزء القاعدى من السلامية حيث تبقى أنسجتهـا رقيقـة وقادرة على النمو لفترة أطول. وعادة، توجد زائدة غشائية رقيقة عند موضـع اتصال النصل بالغمد تسمى اللسين Ligule يمنع دخول الماء والحشرات بين

سلامية الساق والغمد. وقد يكون اللسين مكونا من فصين أو بسيط التركيب حيث يلتحم الفصان ليكونا تركيبا يشبه الياقة Collar. وقد تزداد الياقة في الحجم ويتكون عنها جزء مميز في الورقة. وقد يتكون اللسين من شعور جامدة أو شوكية كما في نبات النجيل Cynodon dactylon.

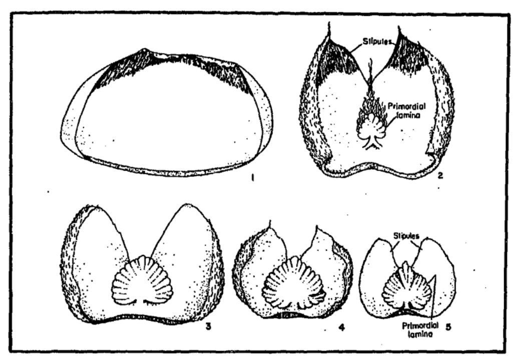
الأذينـــــات STIPULES

ينمو من قاعدة الورقة في كثير من النباتات ذات الفلقتين زائدتان جانبيتان وتسمى كل منهما أذينة Stipule. تسمى الورقة ذات الأذينات ورقة مؤذنة Stipulate leaf بينما توصف الأوراق إذا لم توجد الأذينات بانها غير مؤذنة Exstipulate leaf. وقد تبقى الأذينات طوال حياة الورقة أو تسقط عند أو قبل اكتمال نموها كما في العائلة التوتية Moraceae. وتوجد عائلات تتميز بعدم وجود الأذينات مثل Luraceae والخشخاشية Papaveraceae و Anonaceae بينما اخرى مثل Magnoliaceae توجد لنباتاتها أذينات كبيرة غير متساقطة، والبنفسجية Violaceae والبقولية Leguminosae حيث توجد في كثير من الانواع التابعة لها. وفي العائلة الوردية Rosaceae توجد أذينات في بعض أنواعها بينما لاتوجد في أنواع أخرى ولقد وجد أن ٤٠٪ من النباتات ذات الفلقتين الخشبية تكون أوراقها ذات أذينات بينما ٢٠٪ فقط من الأعشاب ذات أذينات. ونادرا توجد أذينات في نباتات ذوات الفلقة الواحدة مثل Butomaceae وبعض نباتات Dis-coreaceae.

وأحيانا توجد الأذينات على أوراق الغلاف الزهرى في بعض ذوات الفلقة الواحدة. وفي بعض الأنواع من ذوات الفلقتين قد توجد الأذينات في أوراق المنطقة العليا من النبات بينما لاتوجد في أوراق الجزء القاعدى والعكس صحيح في أنواع أخرى. وفي جنس Tropaeolum توجد الاذينات فقط في طور البادرة.

وفي الأوراق المركبة لبعض ذوات الفلقتين، توجد أذينة Stipel واحدة عند قاعدة كل وريقة كما في العائلة الفراشية Fabaceae. أما في العائلة البقمية Caesalpinaceae تكون أذينات الوريقات عادة غائبة. ويبدو أن الأذينات تعتبر ظاهرة في طريقها للاختفاء في مغطاة البذور.

وعادة تكون الأذينات صغيرة، وقد تكون خضراء ورقية الشكل تساعد في عملية البناء الضوئي وحماية البراعم الابطية. وحراشيف البراعم في كثير من الأشجار متساقطة الاوراق عبارة عن أذينات متحورة كما في نبات الزان Fagus sylvatica والحور Populus والبلوط Quercus والعنب Vittis (شكل ٣٤).



(شكل ٣٤): يوضح حراشيف البراعم في العنب وهي عبارة عن أذينات متحورة.

وفي بعض الأحيان تتحور الأذينات الى محاليق أو أشواك. وتتباين الأذينات في شكلها وحجمها وحتى استدامتها. من أنواع الأذينات مايأتي :ـ

١ ـ **ورقية** Foliaceous : وهي خضراء اللون، كبيرة تساعد في عملية البناء الضوئى كما في نبات البسلة Pisum sativum. وفي نبات حمام البرج Lathyrus aphaca يتحور النصل في الورقة الى محلاق بينما تكبر الأذينات وتخضر لتقوم بعملية البناء الضوئى.

٢ ـ **أذينات غمدية** Ochrea : حيث يتكون غمد أنبوبى الشكل من التحام حافات الاذينتين يحيط بالساق ابتداء من العقدة ولمسافة من السلامية. وتعتبر الأذينات الغمدية من صفات نباتات العائلة الحماضية Polygonaceae مثل نبات عصا الراعى Polygonum amphibium.

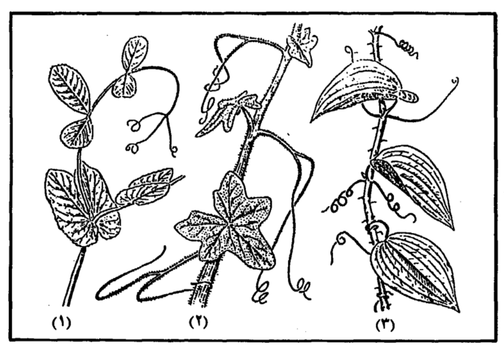
٣ ـ **أذينات طليقة** Free stipules : حيث توجد على الساق غير متصلة بعنق الورقة، كما في أوراق العنب Vitis والبيجونيا Begonia والعديد من أنواع العائلة البقولية Leguminosae.

٤ ـ **أذينات عنقية** Petiolar stipules أو Adnate : حيث تكون حافتها ملتحمة بعنق الورقة كما في كثير من انواع نباتات العائلة الوردية Rosaceae وبعض البقولية مثل

الترمس Lupinus termis والبرسيم الحجازى Medicago sativa.

٥ ـ **أذينات محورة Modified Stipules** : حيث تتحور الى أشواك Spines كما في السنط Acacia أو محاليق Tendrils كما في نبات العشبة Smilax (شكل ٣٥) . والأشواك في السنط تكون عادة مجوفة ومنتفخة . والأذينات في عائلة نبات البن Rubiaceae توجد أما على جانبى قاعدة الورقة أو بين القاعدة ومحور الساق وقد تتحد كل أذينتان مع عنق الورقة ليتكون عنهما غلافا واحدا . وقد يتكون ، في بعض الأجناس ، عن الأذينتين غطاء مخروطى الشكل يحمى قمة البرعم ، ويسقط عند نموه .

وتتنوع أشكال الأذينات في هذه العائلة ، مثلا (١) قد تتجزأ الى تراكيب شوكية ينتهى طرف كل منها بغدة راتنجية (٢) قد تحمل قاعدة الأذينة ، كما في البن Coffea غددا رفيعة تحمى افرازاتها الأجزاء الفتية من الساق (٣) شوهدت أفرع أذينية Stipular shoots في آباط أذنات جنس Galium مثل الأشواك التي توجد في آباط الأذينات في جنس Dam-nacanthus.



(شكل ٣٥) : ١ ـ وريقة طرفية متحورة الى محلاق ـ لاحظ الأذنتين المتورقتين .
٢ ـ فرع متحور الى محلاق في نبات الخيار البرى.
٣ ـ أذنات متحورة الى محلاق في نبات العشبة .

في بعض نباتـات العائلة النجيلية مثل القمح Triticum يوجد على كل من جانبى قاعدة النصل زائدة غشائية تشبه في شكلها المخلب تسمى أذنة Auricle تحيطان بالساق احاطه تامة وقد ينمو من حافتيها شعور وحيدة الخلية .

منبت الورقة Leaf insertion

يطلق على موضع اتصال قاعدة عنق الورقة بالساق اسم منبت الورقة . فإذا وجدت الورقة على الساق الهوائية تسمى ورقة أصلية Cauline أما اذا وجدت على عقد الساق القصيرة مثل الجزر Daucus carota وتظهر كأنها نامية من الجذر سميت الورقة الجذرية Radicle leaf.

وفي بعض النباتات ، كما في السوسن Iris تتراكب قواعد الأوراق فوق بعضها البعض فتسمى الورقة المتراكبة Equitant.

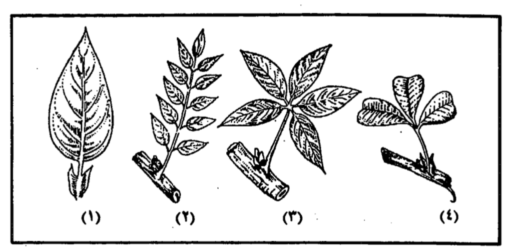
الأوراق المركبة COMPOUND LEAVES

الورقة البسيطة ورقة ذات نصل واحد . وإذا أصبح نصل الورقة مقسما الى عدد من أجزاء صغيرة منفصلة تسمى الوريقات leaflets فان الورقة تسمى المركبة . وهناك اتجاه يوضح أن الورقة البسيطة تعتبر بدائية بالنسبة للمركبة . وتحمل الأوراق المركبة على أفرع النبات ويوجد في آباطها براعم كالورقة البسيطة ، وقد تكون ذات أذينات كما في الورد Rosa والبازلاء Pea. والوريقات لاتوجد في آباطها براعم وهى عادة عديمة الأذينات . ومع هذا ففي بعض الأوراق المركبة توجد عند قاعدة الوريقة أذنة Stipel صغيرة تعتبر جزءا من الورقة .

ويوجد نوعان أساسيان من الأوراق المركبة تبعا لطريقة اتصال الوريقات بعنق الورقة (شكل ٣٦) :

أ ــ **الورقة المركبة الراحية Palmate compound leaf** : وتخرج الوريقات من منطقة واحدة تقع عند قمة العنق حيث تشبه الى حد ما أصابع يد الانسان . وقد تتركب الـورقـة من وريقتين فقط فتسمى ثنائية الوريقات Bifoliate أو ثلاث وريقات فتسمى ثلاثية الوريقات Trifoliate أو عدة وريقات فتسمى عديدة الوريقات Multifoliate.

ب ــ **الورقة المركبة الريشية Pinnate compound leaf** : وتوجد الوريقات على جانبى محور وسـطى Rachis يمثـل العرق الوسطى . وغالبا تكون الوريقات جالسة ، وهى عادة تكون متقابلة وأحيانا متبادلة على المحور الوسطى . وإذا انتهت الورقة المركبة بوريقة واحدة طرفية كما في الورد Rosa spp. والحمص Cicer arietinum



(شكل ٣٦): أنواع الأوراق.

١ - ورقة بسيطة
٢ - ورقة مركبة ريشية
٣ - ورقة مركبة راحية
٤ - ورقة مركبة ثلاثية الوريقات

سميت ورقة مركبة ريشية فردية Imparipinnate leaf.

وأحيانا تتحور الوريقة الطرفية أو زوج أو أكثر من الوريقات التي تحتها الى محاليق للتسلق كما في البازلاء Pisum sativum. أما اذا انتهى محور الورقة المركبة بوريقتين، سميت ورقة مركبة ريشية زوجية Paripinnate leaf كما في العدس lens esculenta والسنامكى Cassia acutifolia.

وقد تكون الأوراق الريشية أكثر تعقيدا من ذلك التركيب، حيث تتجزأ فيها الوريقات الى عدة أجزاء منفصلة يسمى كل منها ريشة Pinna وتحمل الريشات في هذه الحالة على محاور جانبية Rachilla ، كل منها يمثل محور الوريقة الابتدائية . وفي هذه الحالة تسمى الورقة زوجية التقسيم الريشى Bipinnate leaf. وإذا تجزأت الريشات الى رويشات Pinnules تحمل على محاور من الدرجة الثانية Secondary rachilla كانت الورقة ثلاثية التقسيم الريشى Tripinnate.

بقاء الورقة LEAF DURATION

تختلف الورقة في طول الفترة التي تعيشها على النبات، وتتوقف هذه الفترة بصفة أساسية عن نوع النبات والمناخ.

ومن الأوراق ماتكون قصيرة العمر، سريعة السقوط بمجرد تكوينها Fugacious ومنها الذي يسقط في نهاية فصل النمو حيث تبقى فصل نمو واحد ثم تسقط فتسمى متساقطة Deciduous. وهناك أوراق تكون ذابلة على الشجرة عند نهاية فصل النمو Marcescent

ولكنها لاتسقط الا عند اقتراب الربيع . وبعض الأوراق تبقى على النبات أكثر من موسم نمو فتعتبر أوراقا دائمة Persistent.

وبصفة عامة تقسم الأشجار تبعا للفترة التي تمضيها الأوراق على الشجرة، الى دائمة الخضرة Evergreen وهى التي تحتفظ بأوراقها أكثر من عام قبل أن تسقط مثل الكافور Eucalyptus والموالح Citrus. والأشجار متساقطة الأوراق Deciduous تعيش أوراقها فصل نمو واحد ثم تسقط في الخريف والشتاء لتتكون أخرى جديدة في الربيع التالى كما في التوت Morus والتفاح Malus sylvestris.

ترتب الأوراق على الساق PHYLLOTAXY

تترتب الأوراق على ساق النبات وفق نظم محددة تختلف تبعا لنوع النبات. ويكون نظام توزيع الأوراق عادة ثابتا بالنسبة للنوع الواحد ويمثل صفة تشخيصية هامة. وتوجد نظم ثلاثة رئيسية لترتيب الأوراق هى النظام المتبادل والمتقابل والسوارى.

١ ــ الترتيب المتبادل أو الحلزونى Alternate or spiral

هو النظام الشائع في معظم النباتات الزهرية، وفيه توجد ورقة واحدة عند كل عقدة من عقد الساق، وتترتب الأوراق بالتبادل على جوانب الساق في صفين طوليين أو أكثر. واذا تصورنا خطا وهميا يدور حول غصن ما، مبتدئا بقاعدة ورقة ما ومتجها ناحية قمة الغصن حتى يصل الى الورقة التي تقع رأسيا فوق الورقة التي ابتدىء منها، ظهر هذا الخط لولبيا ويعرف باسم اللولب الوراثى Genetic spiral. في أبسط أنواع الترتيب المتبادل تقع الورقة الثالثة فيه فوق الأولى التي ابتدىء منها، ويكون اللولب الوراثى قد عمل لفة واحدة مارا بقاعدتى ورقتين متتاليتين (باستثناء الورقة الأولى)، كما تكون الأوراق مرتبة في صفين طوليين حول الساق. هذا الترتيب تتميز به نباتات العائلة النجيلية Poaceae. وأكثر أنواع الترتيب المتبادل شيوعا، هو الذي تقع فيه الورقة السادسة فوق الأولى ويعمل الخط الوهمى لفتان حول الساق كما في الورد Rosa والبلوط Quercus والصفصاف Salix والدردار Ulmus.

ونظرا لأن نظام ترتيب الأوراق يكون ثابتا بالنسبة لنوع النبات، فان كل ورقة على الساق تنفرج عن التي تليها بزاوية ثابتة تسمى زاوية الانفراج Angle of divergence. يعبر عن هذه الزاوية بكسر حسابى يسمى الافتراق Divergence ويوضح الجزء من محيط الساق الذي يقع بين ورقتين متتاليتين. ويدل البسط في هذا الكسر على عدد اللفات التي يعملها اللولب الوراثى حول الساق بعد أن يصل الى الورقة التي يقع موضعها تماما فوق موضع الورقة التي ابتدىء منها، أما مقام الكسر فانه يدل على عدد الأوراق التي

مريها هذا اللولب دون أن تعد الورقة الأولى التي أبتدىء منها. فاذا كان الافتراق في نبات القمح = ٥ , ٠ (أى نصف دائرة) فمعنى هذا أن اللولب الوراثى يعمل لفة واحدة حول الساق حتى يصل الى الورقة التي تتطابق تماما مع الورقة التي ابتدىء منها. ويلمس اللولب، في هذه الحالة، قاعدتى ورقتين متتاليتين بصرف النظر عن الورقة الأولى. واذا كانت ٢ / ٥ (٢ / ٥ دائرة)، فان اللولب الوراثى يعمل لفتين حول الساق حتى يصل الى الورقة التي تتطابق مع الأولى أى التي تقع معها في نفس الصف، ويلمس قواعد خمس ورقات من غير أن تعد الورقة الأولى. ومقام الكسر يدل أيضا على عدد صفوف الأوراق حول الساق وكذلك على عدد السلاميات التي توجد بين الورقة الأولى والتي تتطابق معها تماما. وفي نبات الكمثرى Pyrus communis يكون الافتراق ٢ / ٥ بينما في شجرة التامول Betula alba يكون الكسر ١ /٣

والكسور الشائعة هى: ١/٢ ، ١/٣ ، ٢/٥ ، ٣/٨ ، ٥/١٣ ، ٨/٢١

ويتضح من دراسة هذه الكسور وجود علاقة بين بعضها البعض تظهر صورتها في أن قيمة أى منها، بسطا ومقاما يكون مساويا تجاوزا لمجموع بسطى ومقامى الكسرين الذين يسبقانه مباشرة. والكسران ٢ /٥، ٣ /٨ هما الشائعان في ذوات الفلقتين غالبا.

ولايجاد مقدار زاوية الانفراج تضرب قيمة الكسر × ٣٦٠. ففي النجيليات تكون الزواية ٥ , ٠ × ٣٦٠ = ١٨٠ درجة، وفي التفاح والقطن تكون ٤ ,٠ × ٣٦٠ = ١٤٤ درجة. ويمكن التعبير عن هذه الكسور بدوائر متحدة المركز، توضح كل منها إحدى عقد الساق، بحيث تكون الدائرة الخارجية ممثلة للعقدة القاعدية التي توجد عندها الورقة التي ابتدىء منها، بينما الدائرة الداخلية تمثل عقدة الورقة المتطابقة معها وتوضح هذه الدوائر أماكن الأوراق.

الترتيب المتقابل Opposite Arrangement

في هذا الترتيب توجد ورقتان متقابلتان عند كل عقدة من عقد الساق وبذلك تكون الزاوية بينهما ١٨٠ درجة. وقد تقع الورقتان المتقابلتان عند أى عقدة في مستوى يكون عموديا على مستوى ورقتى العقدة التى تحتها أو التي فوقها مباشرة، فتتكون أربعة صفوف من الأوراق ويسمى هذا النظام بالمتقابل المتصالب Opposite and decusate كما في الدورانتا.

وقد تكون الورقتان المتقابلتان على عقدة ما واقعتين في مستوى يتطابق مع مستوى

ورقتى العقدة السابقة أو التالية فيتكون صفان فقط من الأوراق. ويسمى هذا النظام بالمتقابل المتطابق (أى الأوراق متقابلة وفوق بعضها البعض).

٣ ـ الترتيب السوارى Whorled Arrangement

في هذا النظام توجد ثلاث أوراق أو أكثر عند العقدة، مكونة سوارا يحيط بها. وتتباعد الأوراق عن بعضها بمسافات منتظمة وإذا وجدت ثلاث أوراق عند العقدة كما في نبات الدفلة Nerium فإن كل ورقة تبتعد عن الأخرى بمسافة تساوى ١/٣ محيط الساق فتترتب الأوراق في ثلاثة صفوف.

ورغم أن نظام ترتيب الأوراق على الساق يوضح صفة وراثية في نوع النبات، فقد يختلف ترتيب الأوراق أحيانا على نفس النبات. ومن الأمثلة على ذلك نبات عباد الشمس Helianthus annus الذي يشاهد فيه النظام المتبادل والمتقابل والسوارى.

وقد توجد تنوعات أخرى في ترتيب الأوراق كما في الكتان. وقد يتغير وضع الأوراق على الساق نتيجة لالتواء الساق أثناء نموها استجابة للضوء، ونتيجة التزاحم الشديد بين النباتات وبعضها البعض.

التبـاين الورقـى HETEROPHYLLY

كثيرا مايتغير شكل الورقة على نفس النبات خلال مراحل نموه. وتعرف ظاهرة وجود أوراق مختلفة الأشكال على نفس النبات بالتباين الورقى. وقد يختلف شكل الورقة في المرحلة المبكرة من النمو الخضرى عنه في المرحلة المتأخرة وأحيانا يحدث التغير في الشكل خلال مرحلة تكوين الأزهار أو يسبقها. وتتضح صورة تباين الأوراق في الشكل بدراسة نبات القطن حيث تكون أوراقه صغيرة قلبية الشكل في مرحلة النمو الخضرى الأولى. ثم تصبح الأوراق مفصصة راحية التعريق بتقدم النمو. وفي نبات Malva moschati تكون حافة الورقة كاملة تصبح بعدها مجزأة.

وفي نبات الينسون Pimpinella anisum يتكون طرازان من الأوراق، السفلى منها تكون طويلة الأعناق بسيطة متطاولة ذات حافة مسننة، الأوراق العليا مجزأة الى قطع صغيرة ريشية. والأوراق البسيطة في كثير من أنواع جنس Salvia يتضح فيها عديد من التنوعات الشكلية من الحافة الكاملة الى المسننة والمفصصة وحتى المجزأة. وفي النباتات المائية، تكون الأوراق المغمورة في الماء مجزأة خيطية بينما الأوراق الهوائية مفصصة.

الأوراق المتخصصـة SPECIALIZED LEAVES

تقوم الورقة بوظائف أساسية للنبات مثل البناء الضوئى والنتح. وفي بعض النباتات

تتخصص الأوراق أو أجزاء منها للقيام بوظائف أخرى، وتبعا لذلك قد تفقد وظائفها الأساسية أو جزء منها. من أمثلة الوظائف التخصصية مايأتى :

١ ـ التسلق Climb :

تتحور الورقة أو جزء منها في بعض النباتات الى محلاق يساعد النبات على التسلق. ففي نبات حمام البرج Lathyrus aphaca يتحور النصل الى محلاق، بينما في البسلة Pea والفاصوليا Phaseolus تتحور بعض الوريقات الطرفية للورقة المركبة الى محاليق تسلقية (شكل ٣٥)، وقد تتحور الأذينات الى محاليق كما في نبات العشبة Smilax. وفي نبات Mutisia elicifolia يمتد العرق الوسطى في صورة محلاق بينما في نبات ابى خنجر يستطيل العنق ليصبح في شكل محلاق، كما في جنس Fumaria من العائلة الخشخاشية Papaveraceae بينما في جنس Corydalis يتسلق النبات بواسطة محاليق متفرعة عند نهاية عنق الورقة.

٢ ـ التخزين Storage

تتخصص قواعد أوراق بعض نباتات ذات الفلقة الواحدة لاسيما من العائلة الزنبقية Liliaceae مثل التيوليب Tulip في تخزين الغذاء فتصبح سميكة لحمية، وتعتبر فلقات أجنة الكثير من بذور النباتات ذات الفلقتين أوراقا بذرية متخصصة في أختزان غذاء الجنين اللازم لتكوين البادرة.

وتتحور اوراق بعض النباتات لتخزين الماء، مثل نبات الشوك الأحمر Salsola وببروميا Peperomia. ومثل هذه الأوراق تحتوى بداخلها على نسيج اختزانى للماء، وتحاط من الخارج بطبقة واقية سميكة من مادة شمعية تسمى الكيوتين Cutin.

٣ ـ الحماية Protect

تقوم حراشيف البراعم بحماية الأجزاء الداخلية للبراعم الشتوية من عوامل البيئة الضارة أثناء الشتاء وتكون هذه الحراشيف جلدية سميكة تغطى بطبقة سميكة من الكيوتين أو الشمع أو بشعيرات كثيفة، وغالبا تكون هذه الحراشيف أنصالا أو أذينات. وتقوم الأوراق الحرشفية بحماية براعم السيقان الأرضية والبراعم الشتوية. وقد تتحور الورقة كلها، أو جزء منها، الى شوكة للحماية من الحيوانات أو تقليل النتح. ومن الأمثلة على ذلك، تحور أوراق نبات الصبار Aloe الى أشواك، والأذينات إلى أشواك مثل النبق والسنط Acacia.

وقد تتحور قاعدة الورقة لحماية الجزء القاعدى من البرعم الابطى بالاشتراك مع

أذينتيها، وتصبح في هيئة تركيب ثلاثى الأسنان عند القمة كما في نوع الورد Rosa. canina وهناك أوراق زهرية تقوم بوظيفة الحماية مثل :

أ ــ القينوى Spathe

وهو ورقة كبيرة سميكة متخشبة تقوم بحماية النورة كما في نخيل جوز الهند Cocos nucifera ونخيل البلح Phoenix dactylifera.

ب ــ العصيفة Lemma والاتب Palea

وهما قنابتان صغيرتان تحميان الأعضاء الأساسية لأزهار نباتات العائلة النجيلية Poaceae مثل الذرة Zea mays والقمح .Triticum spp

جـ ــ القنابع Glumes

وهي أوراق زهرية، تحيط اثنتان منها بكل سنيبلة Spikelet كما في القمح .

٤ ــ التكاثر الخضرى Vegetative reproduction

تتميز أوراق بعض النباتات، مثل البيجونيا Begonia بمقدرتها على تكوين براعم عرضية عند زراعتها، تنمو مكونة نباتات جديدة. وتتكون براعم عرضية عند تعرجات حافة أوراق نبات Bryophyllum تتكشف عنها نباتات صغيرة تنفصل بسهولة عن الورقة، واذا سقطت فوق تربة رطبة فانها تستمر في النمو لتكون نباتات جديدة (شكل ٣٧).

٥ ــ الأوراق الأولية Prophylles

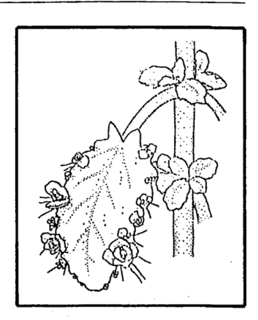
وهي أوراق صغيرة مختزلة تحمل أحيانا على السويقة الجنينية العليا للبادرات، أو عند قاعدة الأفرع الجانبية. وعادة يوجد اثنان منها في ذوات الفلقتين، وواحدة للفلقة الواحدة. وهذه الأوراق تكون متبادلة أو متقابلة. ولم يعرف لهذه الأوراق أهمية للنباتات.

٦ ــ القنابة Bract

وهي ورقة توجد الزهرة في ابطها، قد تكون ملونة زاهية اللون كما في الجهنمية .Baugainvillea

٧ ــ الأوراق قانصة الحشرات Insect Capturing Leaves

تتخصص أوراق حوالى ٥٠٠ نوع من النباتات تنتمى الى بضع عائلات مختلفة في اقتناص الحشرات. ويتم اقتناص الحشرة بواسطة تركيب معين يتكون أما عن تحور في نصل الورقة أو جزء منها. وتنمو هذه النباتات عادة في الأراضى الغدقة التي يقل فيها



(شكل ٣٧): يوضح تكشف البراعم العرضية عند تسننات حافة نصل الورقة في نبات بريوفيللم.

مقدار عناصر غذائية معينة أو يصعب امتصاص المقادير الكافية منها. هذه النباتات خضراء، ولهذا فانها تقوم بعملية البناء الضوئى. ويعتبر الغذاء الذي تحصل عليه من الحشرات مكملا للغذاء الذي تجهزه بنفسها. ومن أشهر النباتات ذات الأوراق قانصة الحشرات، نباتات الجرة، وخناق الذباب، وورد الشمس وحامول الماء.

١ ـ نباتات الجرة Pithcer Plants

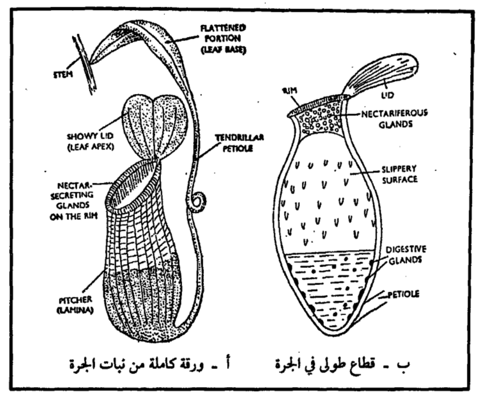
ينتمى هذا النبات الى عائلة Nepenthaceae. وتمثل النباتات التابعة لجنس Nepenthes أشهر النباتات ذات الجرات Pitchers (شكل ٣٨)، ويرجع ذلك الى جمال جرارها وألوانها الزاهية ورائحتها العطرة. وسيقان هذه النباتات متسلقة بواسطة محاليق ناتجة عن تحور العرق الوسطى لنصل الورقة. يضم جنس Nepenthes حوالى ٦٨ نوعا تعيش في المناطق الحارة، وأوراقها جالسة متبادلة. يتميز في نصل الورقة ثلاثة أجزاء متخصصة هى :

أ ـ الجزء القاعدى منبسط أخضر اللون متورق.

ب ـ الأوسط رفيع طويل على شكل محلاق.

جـ ـ الطرفى على شكل جرة أسطوانية الشكل تقريبا.

ويوجد للجرة غطاء مفصلى زاهى اللون يختلف شكله تبعا لنوع النبات. فقد يكون بيضاوى الشكل أو قلبى أو كلوى. ويمتلىء قاع الجرة بسائل يحتوى على انزيمات هاضمة لأجزاء جسم الحشرة الرهيفة، وتوجد عند فوهة الجرة حافة معرجة تبرز منها



(شكل ٣٨) : النباتات قانصة الحشرات

نتـواءات الى الداخل على شكل أسنان متوازية ومنحنية الى أسفل نحو تجويف الجرة. يتـوزع بين هذه الأسنـان نموات تفرز رحيقا لزجا يجذب الحشرات ويجعل سطح هذه الحافة لزجا وناعما يتعذر على الحشرة أن تقف عليه. وفي كثير من أنواع جنس Nepenthes يغطى السطح الداخى للجرة بشعيرات جامدة خطافية أطرافها منحنية الى أسفل، وبه عديد من غدد تفرز مواد هاضمة لأجسام الحشرات. ويوجد عند قاع الجرة من الداخل غدد تقوم بوظيفة الامتصاص. والسطح الخارجى للجرة والمحلاق والجزء القاعدى المنبسط من النصل والسطح السفلى الداخلى لغطاء الجرة وكذلك ساق النبات تكون مغطاه بغدد تفرز مواد جاذبة للحشرات.

وتساعد الألوان الزاهية للجرة على اجتذاب الحشرات اليها. وحينما تقف الحشرة على حافة فوهة الجرة تنزلق وتسقط في قاع الجرة ويقفل غطاؤها. وتحاول الحشرة الصعود غير أن الشعـيرات الخطافية تمنعها وينتهى الأمر بأن تغرق في السائل الموجود في قاع الجرة حيث تهضم وتمتص نواتج عملية الهضم.

الجرة في بعض الأنواع التي توجد في الملايو يبلغ طولها حوالى قدم ونصف، وهناك نوع من جنس Sarracenia في الولايات المتحدة الأمريكية قد يصل طول الجرة في نباتاته الى

حوالى باردة.

٢ ــ نبات ورد الشمس Drosera Rotundifolia

ينتمى هذا النبات الى عائلة Droseraceae أو عائلة ورد الشمس. وجنس Drosera هو أحد الأجناس الأربعة في هذه العائلة ويضم حوالى ٨٥ نوعا من نباتات معظمها عشبية تعيش في المناطق الحارة والمعتدلة، ونبات ورد الشمس عشبى معمر يغلف برعمه الطرفى بأذينات الأوراق. والنبات يستطيع أن يعيش بدون الحشرات الا أن عدد البذور التي ينتجها يكون أقل مما اذا تغذى على نواتج حطام أجسام الحشرات. والبذور صغيرة ذات أندوسبرم محبب.

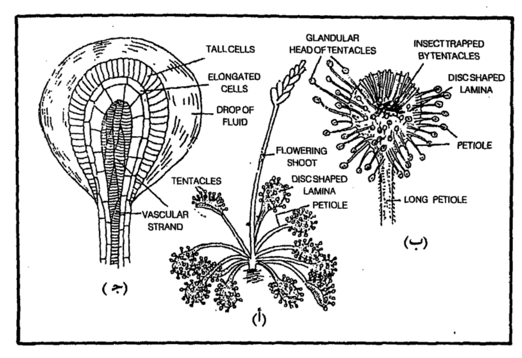
والورقة ذات عنق اسطوانى الشكل ونصل مستدير يغطى سطحه العلوى بشعيرات غدية حساسة، مستقيمة يتراوح عددها بين ١٥٠-٢٠٠ شعيرة. وتكون الشعيرات الموجودة في وسط النصل قصيرة وقائمة وأعناقها خضراء اللون. وتزداد الأعناق في الطول تجاه حافة النصل ويكون لونها أحمر قرمزى. يوجد لكل شعيرة رأس غدية منتفخة كروية الشكل يغطى سطحها بطبقة من خلايا تفرز سائلا لزجا يلمع في ضوء الشمس فيشبه قطرات الندى، يساعد بريقه في اجتذاب الحشرات الى الورقة. هذه الشعيرات شديدة الحساسية لأجسام الحشرات حتى الخفيفة جدا (شكل ٣٩).

وتجذب الحشرات الى الورقة ببريق قطرات السائل المفرز من الرؤوس الغدية متصورة أنه رحيقا، فاذا لمست الشعيرات فانها تلتصق بها وكلما تحاول أن تخلص نفسها تزداد التصاقا بها، وفي نفس الوقت تنحنى عليها بقية الشعيرات وتحيط بها وبذلك تغمرها الافرازات اللزجة وتمتد الى فتحات القصيبات التنفسية فتختنق الحشرة.

وعند ذلك تقوم الشعيرات بافراز عصارات هاضمة لأجزاء الجسم الطرية والدم. وبعد عملية الهضم، تقوم الخلايا السطحية للنصل بامتصاص نواتج عملية الهضم، أما الأجزاء التي لم تهضم فتترك لتحملها الرياح. ومن الحشرات التي تقتنصها أوراق هذا النبات، الذباب والخنافس والفراشات الصغيرة. وبعد أن تتم عملية الامتصاص تستقيم الشعيرات ثانية انتظارا لفريسة جديدة.

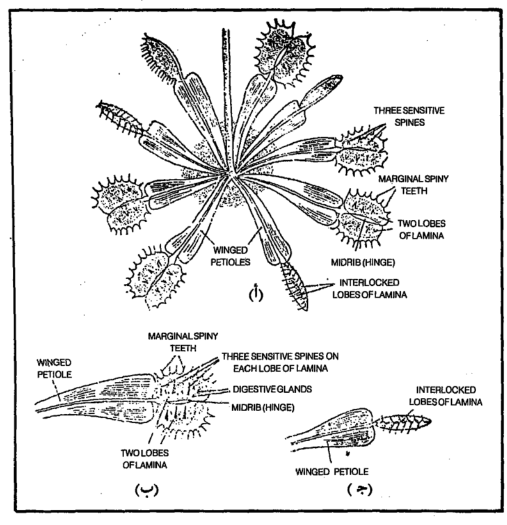
٣ ــ خناق الذباب Dioneae Muscipula

ينتمى هذا النبات أيضا الى عائلة ورد الشمس Sundew family. يضم جنس Dioneae نوعا واحدا يوجد في الولايات المتحدة الأمريكية وهو معمر تحمل ساقه مجموعة من أوراق جذرية يبلغ طول كل منها حوالى نصف قدم. عنق الورقة أخضر اللون متورق منبسط، تزينه شعور نجمية لونها بنى، ويكون عريضا من طرفه الأمامى ويضيق



(شكل ٣٩) : النباتات قانصة الحشرات
(أ) ورقة نبات ورد الشمس ذو الأوراق الجذرية المتوردة والنورة.
(ب) ورقة نبات الديونيا يوضح انحناء الشعور ذات الرؤوس الغدية الحساسة على حشرة.
(جـ) قطاع طولى يوضح تركيب الجزء الغدى من الشعور الحساسة.

تدريجيا تجاه قاعدته. والنصل يتحور الى مصيدة لاقتناص الحشرات (شكل ٤٠). يتركب النصل من نصفين متماثلين وعلى كل من حافيته صف من أسنان شوكية صلبة عددها حوالى من ١٢-٢٠، طول كل منها ١-١,٥ سم. ويوجد على السطح العلوى لكل من نصفي النصل ثلاث شعيرات شوكية شديدة الحساسية تكون مرتبة على زوايا مثلث، وكذلك شعيرات عديدة غدية صغيرة تفرز عند تأثرها بالحشرة عصارة هاضمة. وعندما تقف حشرة على سطح النصل وتلمس احدى الشعيرات الحساسة، ينتقل التنبيه الى منطقة العرق الوسطى فتنكمش خلاياها التي على السطح العلوى للنصل بينما تنبسط الخلايا التي على السطح السفلى. ونتيجة لذلك ينطبق نصفا النصل بسرعة على طول امتداد العرق الوسطى، وتتداخل معا الأسنان الشوكية، وبذلك تحجز الحشرة بين نصفى النصل اللذين يشبهان صدفة المحار. وعند هذه المرحلة تقوم الشعيرات الغدية بافراز عصارة هاضمة لأجزاء الحشرة الطرية. وبعد أن تتم عملية الهضم تمتص نواتجها، وينبسط النصل ثانية. وتستغرق عملية انطباق نصفى النصل حوالى ثانية واحدة.



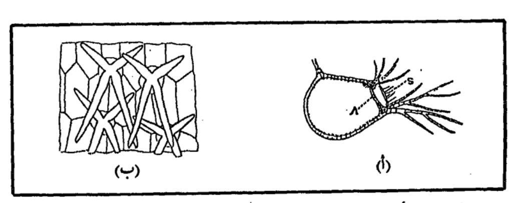
(شكل ٤٠): نباتات قانصة الحشرات

أ. نبات خناق الذباب.
ب. نصل ورقة منبسط يوضح الشعور الشوكية الحساسة.
جـ. نصل ورقة منطبق الحافتين.

٤ ـ حامول الماء Utricularia Vulgaris

يضم جنس Utricularia حوالى ٢٠٠ نوع من النباتات العشبية، يعيش معظمها في مستنقعات المناطق الحارة. وحامول الماء نبات عديم الجذور، أوراقه مجزأة يوجد مغمورا في الماء. تتحور بعض أجزاء نصل الورقة الى تراكيب حويصلية على شكل مثانات يتراوح طول الواحدة منها بين ٤ـ٥ ملليمتر، وتشبه في عملها المصيدة، أى أنها تسمح بدخول الحيوانات المائية الدقيقة، بينما تمنعها من الخروج.

تتميز فوهة المثانة بوجود شفة عليا، وأخرى سفلى سميكة تنتهى بتركيب على شكل وسـادة تمتد قليلا الى داخل جسم المثانة. الشفة العليا تحمل تركيبا رقيقا ومرنا في هيئة صمام يشبه في عمله المصيدة، يفتح للداخل فقط. يرتكز الطرف الطليق للصمام على وسادة الشفة السفلى، ويكون كافيا لغلق فوهة المثانة تماما. يوجد عند حافة الفوهة بضع شعيرات جامدة شوكية حساسة (شكل ٤١). كما توجد غدد على سطح المثانة الداخلى تقـوم بافـراز مواد لزجـة وسكرية تساعد في اجتذاب الحيوانات المائية الدقيقة ويرقات الحشرات. وعندما تنقل التيارات المائية احدى يرقات الحشرات الصغيرة أو الحيوانات المائية الدقيقة الى موضع المثانات فانها تحاول أن تدخلها بحثا عن مأوى من المفترسات أو لأنها تتوقع وجود غذاء بها. فإذا لمست الشعيرات الجامدة عند فوهة المثانة، انفتحت الفوهة قليلا فيندفع تيار الماء من فتحة الفوهة حاملا معه الحشرة. بعد ذلك يعود الصمام الى وضعه الأول، وتحاول الحشرة عبثا الخروج، فمن المستحيل دفع الصمام الى الخارج لارتكازه فوق الوسادة. وبمرور الوقت تموت الحشرة اما بالاختناق أو الجوع وبعد ذلك يحلل جسم الحشرة وتمتص النواتج الذائبة بواسطة شعيرات نجمية الشكل تبطن السطح الداخلى للمثانة.



(شكل ٤١): أ - حامول الماء يوضح تركيب المثانة المتخصصة في اقتناص الحشرات.
ب - الشعور الموجودة على فوهة المثانة.

الفصل الثامن

التركيب الداخلي لجسم النبات الزهري

- الخلية النباتية .
- تركيب الخلية النباتية .
- السيتوبلازم .
- النواة .
- البلاستيدات .
- الميتوكوندريا .
- الريبوزومات .
- الديكتيوسومات .
- الأجسام الكروية .
- الأنيبيات الدقيقة .
- الليسوسومات .
- المكونات غير البروتوبلازمية .
- الفجوات والعصير الخلوى .
- الكربوهيدرات .
- البروتينات .
- الزيوت والدهون .
- الكيوتين والسوبرين .
- الشموع النباتية .
- اللبن النباتي .
- الراتنجات .
- الدباغيات
- أشباه القلويدات .
- الانزيمات .
- البللورات .

الفصل الثامن

التركيب الداخلى لجسم النبات الزهرى

يتركب جسم النبات الزهرى من أعضاء مختلفة هى الجذر والساق والأوراق والأزهار وغيرها . وكل من هذه الأعضاء يتركب داخليا من عدد من الأنسجة، بعضها يكون بسيطا يتركب من نوع واحد من الخلايا، والبعض الآخر يكون معقدا يتركب من أكثر من نوع . وتنتظم أنسجة النبات معا بطريقة منسقة لتكوين الأعضاء، والتي يكون كل منها مكيفا لأداء وظيفة أو وظائف معينة .

والأنسجة الرئيسية التي توجد في جسم النبات الزهرى، يمكن تجميعها في ثلاث وحدات نسيجية كبرى تمتد في جسم النبات تسمى الأجهزة النسيجية، وهى الجهاز النسيجى الضام Dermal tissue system والجهاز النسيجى الوعائى Vascular tissue system والجهاز النسيجى الأساسى Fundamenta tissue system. والجهاز النسيجى الضام يشمل البشرة التي تحيط بالجسم الابتدائى للنبات، وكذلك البريدرم Periderm التي تحيط بأعضاء النبات ذات النمو الثانوى. الجهاز النسيجى الوعائى يشمل نسيج الخشب ونسيج اللحاء، ويقترنان معا في جهاز متصل يمتد في جميع أعضاء النبات. ويصل هذا الجهاز مناطق أمتصاص الماء والمواد الذائبة وتجهيز الغذاء بمناطق النمو واستهلاك الغذاء وتخزينه. أما الجهاز النسيجى الأساسى فيشمل جميع الأنسجة التي تتكون منها أرضية أعضاء النبات، وهى القشرة والنخاع في كل من الجذر والساق، والنسيج المتوسط في الورقة. ويعتبر النسيج البارنكيمى أكثر أنواع الأنسجة شيوعا في الجهاز النسيجى الأساسى، وغالبا يشترك معه كل من النسيج الكولنكيمى والنسيج الاسكلرنكيمى .

وتترتب أنسجة النبات الزهرى في جسمه وفق طرز تختلف، أساسيا، تبعا لعضو النبات. وتنحصر الاختلافات الرئيسية بين هذه الطرز في توزيع كل من الأنسجة

الـوعـائية وغـير الـوعـائية . فمثلا ، في سيقان النباتات ذات الفلقتين ، يتوزع النسيج الوعائى في صورة أشرطة منفصلة من حزم وعائية جانبية مفتوحة . هذه الحزم ، يوجد الى الخـارج منهـا ، نسيج أساسى يسمى القشرة والتي تغلفها البشرة ، ومن الداخل يوجد نسيج آخـر أسـاسى يسمى النخاع . أما في السيقان ذات الفلقة الواحدة ، فان الحزم الوعائية غالبا تتوزع بدون نظام في نسيج أساسى ، وتكون جانبية مقفولة . وفي الجذر ، تكون الحزم الوعائية قطرية ، وفي كثير من الأحيـان لايوجـد نخـاع ، غير أن القشـرة والبشـرة يكونـان موجودان .

هذا النبـات الزهرى المعقد التركيب ، ينشأ عن اللاقحة Zygote في البويضة وبعد مراحل نمو تنتهى بتكوين جنين البذرة . وخلال عملية تكشف الجنين ، تتحدد منطقة مرستيمية عند كل من طرفية تسمى هاتان المنطقتان بالمرستيم القمى للريشة والمرستيم القمى للجذر . بعد الانبات وخلال مراحل النمو التالية ، ينشأ عن هذين المرستيمين ، المجمـوع الخضرى والمجمـوع الجـذرى للنبـات على الـترتيب . تنشأ الأجزاء الجانبية للساق ، مثل الأزهار والأوراق ، من مرستيمه القمى . وفي الجذر ، تنشأ الجذور الجانبية من الطبقة المحيطة له بعيدا عن مرستيمه القمى .

يتضح مما سبق ، أن الجسم الأساسى للنبات ، والذي يسمى الجسم الابتدائى Primary body ينشـأ عن الجنـين ومرستيمية القميين : وجميع أعضاء جسم النبات قد تتركب من أنسجة ابتدائية ، أو جزءً من أنسجة ابتدائية وجزءً من أنسجة ثانوية . وهذه الأعضاء لاتعمل مستقلة عن بعضها ، فهناك تنظيم وتنسيق بين أنشطتها المختلفة .

ويزداد قطر سيقان الغالبية العظمى من ذوات الفلقتين نتيجة لنشاط مرستيم جانبى يدعى الكامبيوم الوعائى Vascular cambium. هذا المرستيم تتكون عنه أنسجة وعائية ثانـوية هي الخشب الثـانوى واللحاء الثانوى . ونتيجة للزيادة في قطر الساق ، تتمزق البشرة وتفقد وظيفتها كنسيج حماية ، ولهذا يقوم النبات بتكوين نسيج خارجى واق من الفلين ، وذلك من مرستيم جانبى آخر يدعى الكامبيوم الفليني Phellogen. والأنسجة الثانوية التي يقوم بتكوينها مرستيمات جانبية ، تحجب أو تدمر أجزاء من الجسم الابتدائى للنبات .

الخلية النباتية THE PLANT CELL

يتركب جسم النبات في مغطاة البذور من أنواع متعددة من الخلايا ، تتباين في شكلها وحجمهـا وتـركيبهـا ووظيفتهـا ، بالاضـافة الى تنوع الأنسجة التي تتكون منها . هذه الاختـلافـات ، وغيرها ، تصف التنظيم الخلوى في النباتات مغطاة البذور بالتعقيد .

ويمكن أن يقـال بصفة عـامة أن رقى النباتات يتبعه تعقيـدا فـي تركيبه.

وترجع بداية المعرفة عن الخلية النباتية الى القرن السابع عشر الميلادى حينما استطاع الباحث الانجليزي روبرت هوك Robert Hooke (١٦٣٥ - ١٧٢٣) أن يرى جدارها فقط في عام ١٦٦٥ في شريحة من الفلين كان يفحصها بواسطة مجهر مركب Compound microscope وهو عبارة عن صورة محسنة للمجهر البسيط الذي اخترعه صانع العدسات الهولندى ليفونهوك Anton Van Leevonhook. ولقد لاحظ روبرت هوك أن شريحة الفلين تشبه في شكلها العام، الأساس الشمعى الخاص بنحل العسل، فهى تحوى تجاويف غير عميقة أطلق على كل منها كلمة Cellula وهى كلمة لاتينية معناها (حجرة صغيرة). ولقد اشتقت كلمة Cell باللغة الانجليزية من كلمة Cellula في اللغة الاتينية.

ولقـد ذكـر هوك أن البوصة المكعبة من الفلين تحتوى على حوالى ١٢٥٠ خلية. ولم يستطيع هوك في تلك الفترة أن يرى ماتحتويه خلايا أخرى من بروتوبلازم، وانما لاحظ أن خلايا كثـيرة في أنسجـة أخـرى تحتـوى على (عصير مغذى)، ولهذا اعتبرها (حية) وليست (ميتة) مثل خلايا الفلين.

ثم مضت فترة طويلة حوالى ١٥٠ سنـة، خلت تقريبا من اكتشافات هامة في مجال تركيب الخلية. ويعتبر عام ١٨٣٣ حدثا هاما في تطور المعرفة عن تركيب الخلية. فقد استطاع الاسكتلندى روبرت براون Robert Brown أن يرى جسما كبيرا في الخلية أطلق عليه اسم النواة Nucleus. ثم بعد فترة أوضح الألمانى شليدن Schleiden أن النواة تحتوى بداخلها على جسم صغير أسماه النوية Nucleolus.

وفي عام ١٨٣٩ قدم الألمانيان، عالم النبات شليدن Schleiden (١٨٠٤ - ١٨٨١) وعـالم الحيوان تيودور شوان Theodor Schawann (١٨١٠ - ١٨٨٢) نظريتهما المعروفة باسم النظرية الخلوية The cell theory عن التركيب الخلوى للكائن الحى. وأوضحا أن الكـائن الحى يتركب من تجمـع عديد من الخـلايا، وان الخلية هى الوحدة البيولوجية للحياه. وكانت هذه النظرية احدى الأسس التي بنى عليها علم الحياة الحديث.

وفي عام ١٨٤٦ أدخل الألمانى فون موهل Hugo Von Mohl مصطلح بروتوبلازم Protoplasm للدلالة على المادة الحية في الخلية. وبعد أكثر من ثلاثين عاما، استخدم هانشتـين Hanstein مصـطلح بروتـوبلاست Protoplast يعبر به عن الخلية، وحاليا، أصبحت كلمة خلية Cell تطلق على البروتوبلاست محاطا بجدار خلوى.

وبعد حوالى عشرون عاما من اعلان النظرية الخلوية أوضح الطبيب الألمانى رودلف فيرشـو Rodolf Virchow أن الخـلايا تنشـأ عن خلايا أخـرى سابقة لها، وبذلك أكد استمرارية أو اتصال الحياة.

ولقد ظهرت هذه الاكتشافات وغيرها بعد استخدام مجاهر محسنة وتطور طرق الفحص. واستمرت التعديلات تجرى على المجاهر الضوئية، فامكن مشاهدة تراكيب جديدة في الخلية مثل الميتوكوندريا Mitochondria والدكتيوزومومات Dictyosomes والبلاستيدات Plastids.

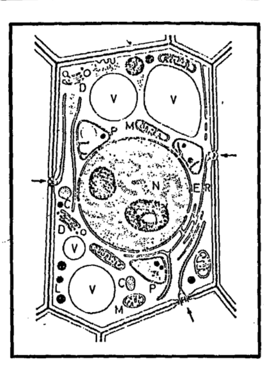
ومنذ أكثر من خمسين عاما، اخترع المجهر الألكترونى والذي بواسطته اكتشفت تراكيب خلوية جديدة لم تستطع المجاهر الضوئية أن تظهرها، مثل الشبكة الاندوبلازمية والأغشية السيتوبلازمية والريبوزومات، كما أمكن معرفة التركيب الداخلي لأجسام البلاستيدات والميتوكوندريا والنواة. ولقد كان من العسير الوصول الى هذه المعرفة الجديدة بالمجهر الضوئي نظرا لأن قوة تكبيره العظمى للأجسام المرئية حوالى ١٢٠٠ مرة بينما تصل بالمجهر الألكترونى الى حوالى ١٦٠ ألف مرة. ويظهر المجهر الضوئى الأجسام التي لايقل قطرها عن ٢ر ميكرون بينما المجهر الألكترونى يظهر الأجسام التي يقل قطرها الى حوالى ١٠ انجستروم (المليمتر= ١٠٠٠ ميكرون، الميكرون = ١٠٠٠٠ انجستروم Angstrom).
ولامكان دراسة الخلية بواسطة المجهر الالكترونى، يتحتم أن تكون القطاعات النباتية رقيقة جدا يتراوح سمكها بين ١٠٠-٥٠٠ أنجستروم بينما في حالة المجهر الضوئى، يمكن أن يكون سمك القطاع حوالى ٢-٤ ميكرون.

إن الخلية النباتية لاتزال تحظى باهتمام العلماء وتنال الأبحاث عنها قسطا كبيرا من جهودهم، فهى وحدة بناء جسم النبات ومركز النشاط الحيوى فيه. تحتوى على تراكيب حية تعمل في ترابط تام، وتحدث في الخلية عمليات حيوية مختلفة تجرى بدقة واحكام. وقد تتخصص بعض الخلايا في صنع الغذاء وأخرى لنقله وتوزيعه أو تخزينه وغيرها لامتصاص الماء، كما توجد خلايا متخصصة في تدعيم النبات أو حماية أنسجته.

وتعرف الخلية (شكل ٤٢) بانها عبارة عن بروتوبلاست Protoplast يكون محاطا بجدار أو غشاء خلوى، وتوجد اما منفردة أو متجمعة. ويطلق اصطلاح (خلية) أيضا على الوحدات التي تتركب من جدار خلوى فقط مثل الألياف والقصيبات، وهذه فقدت بروتوبلاستها عند النضج.

شكل الخلية وحجمها

توجد تنوعات كثيرة في أشكال خلايا أنسجة النباتات الزهرية. فبعض الخلايا تستطيل في اتجاه المحور الطولى للنبات كما في ألياف الخشب واللحاء. وهناك خلايا أخرى يزداد حجمها في جميع الاتجاهات وتكون جدرها رقيقة، مثل الخلايا البارنكيمية



(شكل ٤٢): يوضح التركيب العام للخلية النباتية الحية

في لحم ثمار الموالح والبطيخ وتوجد خلايا مكعبة، كروية الشكل، اسطوانية، مغزلية، مفصصة أونجمية، طويلة ضيقة ذات أذرع جانبية، أو عديدة السطوح ذات جدر مطوية، وغيرها.

وتتنوع الخلايا أيضا في حجمها. فقليل من خلايا النباتات الزهرية يقل قطرها عن عشرة ميكرون أو يزيد عن ٢٠٠ ميكرون. والخلية البارنكيمية العادية ذات قطر يتراوح بين ١٠ - ١٠٠ ميكرون بينما يصل قطر الخلايا البارنكيمية في لحم ثمار الفاكهة الى ملليمتر أو أكثر لدرجة يمكن تمييزها بالعين المجردة، وقد يصل حجمها الى حوالى ٣٥٠ ألف مرة قدر حجم الخلية المرستيمية التي نشأت عنها.

والغالبية العظمى من الخلايا تكون مجهرية. والحجم الصغير لمعظم الخلايا يمكن ادراكه من بعض الدراسات الخاصة، فمثلا يوجد حوالى مليون خلية في البوصة المربعة من بشرة الورقة العادية، كما أن قطاع عرضى يبلغ سمكه حوالى ملليمتر في الجزء القريب من طرف الجذر في نبات اللوبيا البلدى Vigna unguiculata قد يحتوى على حوالى ١٢٨ ألف خلية وأن ورقة تفاح متوسطة تحتوى على حوالى ٥٠٠ مليون خلية. ولقد وجد كثير من الباحثين تأرجح كبير في حجم نوع معين من الخلايا في النبات الواحد فمثلا، أوضح بعض البحاث أن حجم القصيبة في الفرع يكون أقل منه في الساق، وأن طول القصيبة يتحدد تبعا لطول بداءة الكامبيوم. ورغم أن الغالبية العظمى من الخلايا تكون مجهرية، فهناك خلايا يمكن رؤيتها بالعين المجردة، مثلا شعر نبات القطن والتي

يصل طولها في بعض الأصناف الى حوالى ٥٠ ملليمتر، وألياف اللحاء الابتدائي مثل ألياف السيسـال والكتان والجوت. يبلغ طول الخلية الليفية في السيسال Sisal ٨ر ـ ٨ ملليمتر والكتان ٩ ـ ٧٠ ملليمتر والجوت ٨ر ـ ٦ ملليمتر. والخلية الليفية في ألياف نبات الرامى Bochmeria nivea قد يصل طولها الى حوالى ٥٥ ملليمتر. وخلايا الحليب النباتى هى أطول خلايا النبات، قد يصل طولها الى عدة امتار مكونة جهازا متفرعا في النبات. ومثل هذه الخلايا تكون عديدة الأنويـة وتستمـر فـي النمـو طـوال حيـاة النبـات .

تركيب الخلية النباتيـة

تتنوع خلايا جسم النبات الزهرى في الشكل والحجم والوظيفة، كما تتنوع أيضا في تركيبها وعلاقاتها ببعضها البعض. من الناحية العامة، توجد في النبات الزهرى أنواع من الخلايا تظل محتفظة بمكوناتها الأساسية طول حياة النبات وتقوم بالأنشطة الحيوية في جسمه، وأنواع تتلاشى محتوياتها الداخلية عندما يتم نضجها ولايتبقى منها الا الجدار فقط. هذه الخـلايا الأخيرة تختلف أيضا في وظائفها، مثل الألياف للتدعيم، والفلين للوقاية، وعناصر الخشب الوعائية لنقل الماء والذائبات خلال جسم النبات.

ان المعرفة عن تركيب الخلية في تزايد مستمر، ولقد أوضح المجهر الألكتروني الكثير مما كان خافيا بداخلها، ولم يعد تركيب الخلية النباتية حاليا على نفس الصورة التي عرفت بها بواسطة المجهر الضوئى. ولامكان معرفة تركيب الخلية النباتية، فانه من الأفضل أن تدرس صفات خلية بارنكيمية، فهى خلية نشطة حيويا وتحتوى على جميع العضيات Organelles الهامة حيويا ويتألف منها حوالى ٨٠٪ من جسم النبات الزهرى. تتألف الخلية البارنكيمية من جزئين رئيسيين هما:

أ ـ البروتوبلاست ب ـ الجدار الخلوى

أ ـ البروتوبلاست Protoplast

البروتوبلاست، اصطلاح أطلقة عالم النبات الألمانى هانشتين Hanstein عام ١٨٨٠ ليعبر به عن جميع مكونات الخلية، هادفا أن يكون بديلا لمصطلح (خلية) ومع هذا، فقد بقى مصطلح (خلية) للدلالة على محتويات الخلية والجدار، لأنهما يمثلان وحدة حياتية. ويطلق مصطلح (خلية) أيضا على الوحدات التي تتركب من الجدار الخلوى فقط حيث فقد بروتوبلاستها عند نضجها مثل الألياف والاسكلريدات.

والبروتوبلاست، هو الوحدة الحية المنسقة داخل خلية مفردة والتي تقوم بعمليات التحول الغذائى في الخلية. ويمكن وصفة أيضا كوحدة بروتوبلازمية منسقة تحتوى على

مكونات بروتوبلازمية متخصصة وأخرى غير بروتوبلازمية. والبروتوبلازم Protoplasm مصطلح شامل لجميع المحتويات الحية في الخلية وهو أساس الحياة فيها. وأكتشفه فون موهل عام ١٨٤٦. وتتصل أجزاء الكتلة البروتوبلازمية للنبات بعضها ببعض وتعمل في ترابط تام.

١ ـ السيتوبلازم Cytoplasm

هو جزء البروتوبلاست الذي يحيط بالنواة، ويشمل الحشوة السيتوبلازمية Cytoplasmic matrix وما تحتويه من أغشية وعضيات ومكونات غير بروتوبلازمية.

السيتوبلازم والنواة مرتبطان ببعضهما، فكل منهما يحتاج الى الأخر لكى يبقى حيا. وتحدث في السيتوبلازم جميع عمليات التحول الغذائى في الخلية. ويشغل السيتوبلازم عادة جميع حيز الخلية المرستيمية، واذا وجدت به فجوات عصارية فإنها تكون دقيقة جدا. في الخلية البالغة، السيتوبلازم يكون في صورة طبقة رقيقة تبطن جدار الخلية وتتوسطها عادة فجوة عصارية كبيرة، وقد يمتد خلال الفجوة العصارية في صورة أشرطة أو صفائح تقسم الفجوة العصارية الى فجوتين أو أكثر وبذلك تصبح الخلية ذات فجوتين أو أكثر.

والسيتوبلازم نظام غروى معقد التركيب أكثر لزوجة من الماء، يظهر في الخلية كمادة شفافة نصف سائلة يمثل الماء حوالى ٨٥٪ من وزنه الحى أو أكثر، وتنخفض هذه النسبة بدرجة كبيرة الى حوالى ١٠٪ أو أقل في البذور. يتميز السيتوبلازم بصفتى المطاطية والسيولة وتتغير لزوجته من وقت الى أخر في الخلية النشطة. يتأثر السيتوبلازم بدرجات الحرارة العالية والمنخفضة، والمواد الكيميائية، والتأثيرات الكهربائية. عادة يكون السيتوبلازم في حركة انسيابية حول جدار الخلية البالغة من الداخل، وقد تكون حركته في اتجاه واحد بمحاذاة جدارها أو في اتجاهات متعاكسة، وقد تتحرك بعض أجزائه منزلقة فوق بعضها البعض. يمكن أن يستدل على هذه الحركة بملاحظة سير التراكيب المحمولة في تياره مثل البلاستيدات والميتوكوندريا وحبيبات النشا. ولقد وجد أن البلاستيدات الخضراء في سيتوبلازم خلايا نبات الألوديا Elodea تتحرك بسرعة تتراوح بين ٥ ـ ١٠ ميكرون في الثانية عند درجة ٢٩° مئوية وتكمل دورة كاملة حول جدار الخلية في خوالى ٣٠ ثانية. وتسهل حركة السيتوبلازم عملية انتقال المواد داخل الخلية وبين الخلايا المتجاورة. وتعتبر حركة السيتوبلازم دليلا على سيولته. وتنعدم هذه الحركة الانسيابية في غياب الاكسجين أو المواد السامة والمخدرة.

ويتركب السيتوبلازم أساسا من بروتينات مع اشتراك الدهون والكربوهيدرات والأملاح المعدنية بنسب متفاوتة. ويحتوى السيتوبلازم على مواد عضوية مثل البروتينات

والزيوت والكربوهيدرات، وأخرى غير عضوية مثل أملاح الكالسيوم والمغنسيوم. ولقد وجد أن السيتوبلازم يتغير تركيبه من وقت الى أخر في نفس الخلية، كما يختلف تركيبه من خلية الى أخرى في نفس النبات. وتتنوع كثافة السيتوبلازم تحت ظروف معينة فيما بين حالة قريبة من الماء الى حالة غروية وهو أكثر لزوجة من الماء.

ولقد أوضحت الدراسة بالمجهر الألكترونى أن السيتوبلازم يكون مغلفا بغشاء سيتوبلازمى معقد التركيب يسمى الغشاء البلازمى Ectoplast or plasmalemma. هذا الغشاء مرن ورقيق، يتراوح سمكه بين ٧٥-١٠٠ انجستروم وهو وحدة غشائية Unit membrane يتركب من طبقتين من البروتين يحصران بينهما طبقة من الدهون. يبلغ سمك كل من طبقتين من البروتين حوالي ٢٥ انجستروم بينما الدهون حوالى ٣٠ انجستروم. والغشاء البلازمي حى، يستطيع أن يزداد في الرقعة السطحية مع زيادة الخلية في الحجم، كما يستطيع أن يلتئم إذا حدثت فيه جروح بسيطة. ويعمل الغشاء البلازمي كحاجز انتقائي أو اختياري النفاذية، فهو يمنع مثلا خروج المواد العضوية الذائبة في الخلية بينما يسمح بدخول الماء والأملاح الذائبة، وقد يمرر مواد معينة في فترة ما ويمنع مرورها في أخرى. بدون هذا الغشاء لاتستطيع الخلية أن تبقى حية.

والغشاء البلازمى في خلية مايكون متصلا بمثيله في الخلايا الحية المجاورة عبر خيوط البلازموديزماتا.

والسطح الخارجى لهذا الغشاء تكسوه حبيبات كروية دقيقة جدا تكون مطمورة جزئيا فيه، يعتقد أنها عبارة عن تجمعات للانزيمات المسئولة عن بناء لويفات السليلوز في جدار الخلية. وينتشر على السطح أيضا حويصلات دقيقة جدا مشتقة من الديكتيوزومومات يعتقد أنها تحتوى على سكريات عديدة مخصصة أيضا لبناء جدار الخلية. وتلتحم هذه الحويصلات بالغشاء البلازمى ثم ترسب محتوياتها على جدار الخلية. وهذا الغشاء ليس ممتدا بانتظام على سطح الخلية وانما تتميز به بروزات أو انخفاضات على امتداد سطحه.

ويتميز بالسيتوبلازم فجوة Vacoule أو أكثر عبارة عن تجويف يحتوى على العصير الخلوى. تحاط كل فجوة بغشاء يسمى الغشاء الفجوى Tonoplast or vacoular membrane. وتركيب هذا الغشاء وسمكه يماثل تركيب وسمك الغشاء البلازمى، وهو اختيارى النفاذية أيضا، ويقوم بتنظيم مرور المواد من السيتوبلازم الى الفجوات ويمنع امتزاج محتوياتها به. كما أن له القدرة على النمو والالتئام مثل الغشاء البلازمى، وهو أما منتظم أو متعرج.

ولقد أوضح المجهر الألكترونى أن حشوة السيتوبلازم يوجد بها جهاز يدعى الشبكة الاندوبلازمية Endoplasmic reticulum وهى تركيب غشائى دقيق شبكى معقد.

وتتكـون الشبكـة الانـدوبلازمية من تجاويف في شكل قنوات ضيقة منفصة ومتقاطعة محاطـة بغشاء رقيق قد تتسع هذه التجاويف وتصبح في صورة حويصلات مستديرة أو بيضاوية الشكل. تظهر هذه التجاويف في القطاعات مزدوجة الخطوط، كل خط يمثل غشاءا واحدا. يوجد بين الغشائين تجويف به مادة غير معروفة التركيب، هذا التجويف يكـون متصلا بمثيله في الخلايا المجاورة، عبر الروابط البلازمية. وتتصل أغشية هذه الشبكـة بغلاف النواة غير أنها لاتتصل بالغشاء البلازمى او الغشاء الفجوى. وغشاء الشبكـة الانـدوبلازمية في خلية مايكون متصـلا بمثيلـه فـي الخلايـا الملاصقـة عبـر خيـوط البلازموديزماتا.

ويتنـوع شكـل الشبكة الاندوبلازمية من خلية الى أخرى. ورغم أن كل نوع من الخلايا الحية تكون الشبكة فيه ذات شكل متميز فانه يمكن اعتبارها جهازا سيتوبلازميا غير ثابتـا، ربـما يكون قادرا على تغيير طبيعته بسرعة. وهذه الشبكة قادرة على النمو، وتتجزأ جزئيا خلال انقسام النواة ثم يعاد تشكيلها ثانية. وتتجمع على السطوح الخارجية لأجـزاء الشبكـة الاندوبلازمية التي توجد في الجزء الأوسط من الخلية، تراكيب دقيقة الحجم عديدة تسمى الريبوزومات Ribosomes ولهذا يكون ملمسها خشنا Rough بينما الأجزاء التي توجد عند محيط الخلية تكون ناعمة Smooth لخلوها منها.

وتعتـبر الشبكـة الاندوبلازمية جهازا خلويا يمد الخلية بسطوح مناسبة للتفاعلات الكيميائية حيث تتوزع عليها كثير من انزيمات الخلية، وكذلك الريبوزومات المتخصصة في بناء البروتينات في الخلية. والشبكة الاندوبلازمية تمثل طريقا لنقل مواد معينة خلال تجويفهـا الى مثيلتها. ويرجح حدوث عمليات حيوية بداخلها بعيدا عن تلـك التـي تحـدث فـي السيتـوبلازم.

٢ ــ النـــواة Nucleus

النواة أكبر الأعضاء الصغيرة أو العضيات Organelles التي توجد في الخلية. يتراوح قطر النـواة بين ١٠ــ٢٥ ميكرون وقد يزيد عن ذلك. كثيرا مايختلف حجم النواة تبعا لاختـلاف النسيج في نفس النبـات. وتحتوى الخلية غالبا على نواة واحدة، غير أنه في حالات قليلة تحتوى على أكثر من نواة كما في قنوات الحليب النباتى Laticifers. وتفقد عناصر الأنابيب الغربالية في نسيج اللحاء انويتها عندما يتم نضجها، ومع هذا فهى حية. وتـوجـد النواة في وسط الخلية المرستيمية ويميل شكلها الى الاستدارة ذات قطر يتراوح بين ١٠ ـ ٢٥ ميكرون وقد تقل أو تزيد عن ذلك، وتشغل النواة الجزء الأكبر من الخلية يتراوح أحيانا بين ٢/٣ ـ ٣/٤ حجمها.

أمـا في الخلية البـالغة فتميل الى الشكل العدسى وتشغل حيزا صغيرا من حجمها

وتوجد في طبقة السيتوبلازم المبطنة لجدار الخلية دون أن تلامس الفجوة العصارية. وإذا احتوت الخلية على أكثر من فجوة عصارية فان النواة توجد عادة قريبا من وسط الخلية يحيط بها السيتوبلازم الذي يتصل ببقية سيتوبلازم الخلية المبطن لجدارها بواسطة خيوط سيتوبلازمية تمتد عبر الفجوة العصارية. وتتركب النواة من غلاف النواة، والنوية، والشبكة الكروماتينية والعصير النووي:

أ ـ *غلاف النواة* Nuclear Membrane

غلاف رقيق يحيط بمحتويات النواة، ولقد أوضح المجهر الاليكتروني أنه يتميز بما يأتي:

١ ـ يتركب من غشائين متماثلين في التركيب والسمك، كل منهما عبارة عن وحدة غشائية سمك الواحد منهما حوالى٧٥ ـ ٨٠ انجستروم وبينهما حيز يبلغ اتساعه حوالى ١٥٠ انجستروم.

٢ ـ يحتوى على ثقوب مستديرة عديدة يلتحم عند حوافها غشائي الغلاف، ويتراوح قطر الثقب بين ٣٠٠ ـ ١٠٠٠ انجستروم. وتتوزع هذه الثقوب على مسافات منتظمة من بعضها وتشغل حوالى ٨٪ من سطح غلاف النواة، ويبلغ عددها حوالى ٣٠٠٠ في نواة النباتات مغطاة البذور، هذه الثقوب تمثل طريقا لانتقال المواد بين حشوة السيتوبلازم والنواة. وجزيئات حامض الريبوز النووى وأصول الريبوسومات تنتقل من النواة الى حشوة السيتوبلازم، أما مكونات حامض الريبوز النووى وحامض ديوكسى ريبوز النووى وبروتين الريبوزومات فانها تنتقل من السيتوبلازم الى النواة.

٣ ـ توجد امتدادات من الغشاء الخارجى لغلاف النواة تتصل بأجزاء من الشبكة الأندوبلازمية والتي تكون أيضا متصلة بمثيلتها في الخلية المجاورة عن طريق الروابط البلازمية. وهذا يعنى أن النوى والشبكة الأندوبلازمية في الخلايا المتجاورة مترابطة معا. ولهذا فان الحيز بين غشائى النواة يكون مرتبطا بتجاويف حويصلات وأنابيب الشبكة الأندوبلازمية.

٤ ـ عند نهاية الطور التمهيدي Prophase لانقسام النواة يتجزأ غلاف النواه، وفي الطور النهائى Telophase يعاد بنائه غلافا نوويا جديدا يحيط بكل من مجموعتى الكروموسومات الشقيقتين. والنواة تمثل مركز التحكم في نشاط الخلية، وبدونها لاتستطيع الخلية أن تعيش طويلا وتهيمن النواه أيضا على شكل الخلية، ونموها، ومستقبلها في النبات، فضلا عن أنها المركز الأساسى للمادة الوراثية في الخلية.

وتعمل النواه متعاونة مع غيرها من المكونات البروتوبلازمية

ب ـ *النويــــة* Nucleolus

هى التركيب الوحيد الذي يمكن تمييزه في النواه غير المنقسمه . عادة تحتوى النواة على نوية واحدة أو اثنين ، وقد تحتوى أحيانا على ثلاث نويات أو أكثر.

وقد يختلف حجم النواة من نسيج الى آخر في نفس النبات ، حتى من خلية الى أخرى في نفس النسيج . وفي الحالة الأخيرة ، اذا وجدت نوية واحدة في نواة خلية بينما أكثر من نوية في نواة خلية أخرى فان حجم النوية الوحيدة يكون مساويا تقريبا لحجم النويات المـوجـودة في نواة الخلية الاخـرى . والنوية كروية الشكل تقريبا . ويزداد حجمها تبعا لازدياد عمليات التحول الغذائى في الخلية .

ولقد أوضحت الدراسة بالمجهر الألكترونى أن النوية لاتحاط بأى غلاف ، وتحتوى على فجوات نووية وأجسام بروتينية شبة بللورية . وتشمل النوية منطقتين ؛ وسطى ليفية كثيفة غير منتظمة ، تحيط بها منطقة محببة من حبيبات متماثلة في حجم الريبوسومات Ribosomes ويعتقد أنها تجمع ريبوزومات تبنى في النواة .

وتتركب النوية أساسا من البروتين وحامض الريبوز النووى ، تبلغ نسبته حوالى ٣٠٪ من وزنها . وتتركز الوظيفة الأساسية للنوية في تكوين أصول الريبوزومات Ribosome precursors والتي تنتقـل منهـا الى سيتـوبـلازم الخلية . خلال الدور الأول من انقسام النواة ، يتناقص حجم النوية تدريجيا وتتوزع مادتها في سيتوبلازم الخلية .

وفي الـطور النهـائى لانقسام النواة ، تتجمع مادة النوية ثانية عند منطقة معينة من كرومـوسـوم خاص بها ضمن مجمـوعتى الكـرومـوسومـات التـي ستشكـل النواتيـن الشقيقتـين الجديدتـين .

حـ ـ *الشبكــة النوويــة* Nuclear Reticulum

وهي أهم مكونات النواة ، تتركب من خيوط متشابكة . وفي النواة غير المنقسمة يتعذر تمييز هذه الخيوط . أمـا خلال انقسام النواة تتميز هذه الشبكة الى أجسام رفيعة مبعثرة داخـل النواة تسمى الكروموسومات Chromosomes. تتركب الكروموسومات من مادة الكـرومـاتـين Chromatin يتميز فيها نوعان من الأحماض النووية هما حامض ديوكس ريبـوز النووى (DNA) وحامض الريبوز النووى (RNA) علاوة على بروتينات نووية . وتحتـوى الكـرومـوسـومـات على منـظم المعلومـات الـلازمـة لنشـاط الخلية . وعـدد الكروموسومات يكون ثابتا في خلايا نفس النوع ويختلف من نوع الى آخر.

د ـ *العصـير النـووى* Karyolymph

وهـو سائـل لزج أكثـر كثـافـة من السيتـوبلازم، عديم اللون شفاف، يكون غنيا بالبروتينات وحامض الريبوز النووى. يحتوى العصير النووى على أصول الريبوزومات وانـزيمات. ونـظرا لوجـود ثقـوب النـواة فان العصـير النـووى يكـون متصلا بالحشوة السيتوبلازمية. ولاتوجد فجوات في العصير النووى.

٣ ـ البلاستيـدات Plastids

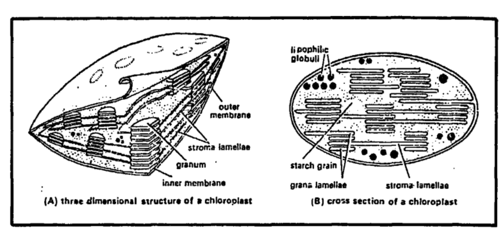
وهي عائلة من أعضـاء صغـيرة أو عضيات Organelles ذات طبيعة غشائية مميزة، يوجد نوع منها عادة في سيتوبلازم خلايا النباتات مغطاه البذور. تختلف البلاستيدات في الشكـل واللون والـوظيفـة وتصنف تبعا للونها الى بلاستيدات خضراء، وبلاستيدات ملونـة، وبلاستيدات عديمة اللون، كما توجد أيضا بلاستيدات الظلام وبلاستيدات أولية Proplastids. وجميع البلاستيدات تكون محاطة بغشاء مزدوج وتحتوى بداخلها على جهاز غشائى متميز وكذلك ريبوزومات وحامض ديوكس ريبوز النووى.

(أ) *البلاستيـدات الخضـراء* Chloroplasts

لقد عرف وجود البلاستيدات الخضراء منذ عام ١٧٠٠ ميلادية، وأنها مركز عمليات البناء الضوئى في عام ١٨٦٤ . البلاستيدات الخضراء ذات أهمية بالغة في حياة النباتات الـزهـرية حيث تجرى فيهـا عملية البناء الضوئى من بدايتها حتى نهايتها فهى بذلك مرتبطة بالطاقة في الخلية. والشمس هي مصدر الطاقة اللازمة لاستمرار الحياة وبقائها. هذه الطاقة تصل الى سطح الأرض في صوره حرارة وضوء. والخلية الحية المحتوية على البـلاستيدات الخضراء هي التي تستفيد من جزء من الـطاقة الضوئية وتحولها الى طاقة كيميائية مُخزونـة في مواد عضـوية متكـونة من ثاني أكسيد الكربون والماء في وجود مادة الكلوروفيل التي تقوم بامتصاص هذه الطاقة الضوئية.

وتـوجد البلاستيدات الخضراء بصفة رئيسية في خلايا النسيج المتوسط للأوراق كما توجـد في الخـلايا الحارسة للثغور وتكثر في خلايا بشرة الورقة في نباتات الظل وخلايا أنسجـة الأجزاء الخضراء من جسم النبات الزهرى. وقد توجد في أجنة البذور كما في الموالح. ولاتوجد هذه البلاستيدات في خلايا المرستيمات القمية للسيقان أو الجذور.

والبلاستيدات الخضراء في النباتات الزهرية تكون عادة قرصية الشكل مستديرة أو بيضاوية (شكل ٤٣)، محدبة الوجهين وقد تتقوس في بعض الأحيان على هيئة طبق. يتراوح قطرها بين ٤-٦ ميكرون، وسمكها ١/٢ - ١ ميكرون. توجد هذه البلاستيدات في حشـوة السيتـوبـلازم قريبـا من الغشاء البلازمى، بحيث يكون سطحها العريض



(شكل ٤٣): مجسم لبلاستيدة خضراء يوضح تركيبها العام التفصيلي

مواجهـا لجدار الخلية لتعرض أكبر سطح فيها للضوء. ويوجد بالخلية أقل من ٥٠ الى حوالى ٤٠٠ بلاستيده خضراء. فقـد وجد أن خلية النسيج المتوسط لورقة النجيليات تحتوى على ٣٠-٥٠ بلاستيده خضراء، والخلية في النسيج العادى لورقة السبانخ يوجد بها حوالى ٣٠٠-٤٠٠. بلاستيدة وتبعـا لاحـدى التقـديرات، وجد حوالى ٤٠٠ ألف بلاستيده خضراء في المليمتر المربع من ورقة نبات الخروع.

وتشـاهـد البلاستيدات الخضراء كأجسام حبيبية أو متجانسة عند فحصها بالمجهر الضوئى، ذات لون أخضر. ويرجع اللون الأخضر الى وجود مادة الكلوروفيل Chlorophyll وهى من نوعين هما كلوروفيل A لونه أخضر مزرق وكلوروفيل B لونه أخضر مصفر. ونسبة كلوروفيل A الى كلوروفيل B تبلغ ٣ : ١ . وتحتوى البلاستيده أيضا على صبغه الكاروتين Carotene ولونها برتقالى، وصبغة الزانثوفيل ولونها أصفر. وتبلغ نسبه الكلوروفيل حوالى ٦٥٪ من صبغـة البلاستيدة الخضراء، ولهذا تظهر البلاستيدة ذات لون أخضر. وتـتركب البـلاستيدة الخضراء من النـاحية الكيميائية، من حوالى ٥٠٪ بروتين، ٣٠٪ ليبيدات، ٥-١٠٪ صبغات، وتحتوى على مقادير DNA, RNA. ومعظم بروتـين البلاستيدات الخضراء يكون في صوره جزئيات من الانزيمات. ولقد وجد أن معظم انزيم الكتاليز Catalase وجميع الأميليز Amylase والكلوروفيليز Chlorophyllase التي في الورقة تكون في البلاستيدة الخضراء. وأظهرت الدراسات بالمجهر الألكترونى أن جسم البلاستيدة الخضراء بلغ درجة عالية من تعقد التركيب. ولقد وضح أن جسم البلاستيدة يكون محاطا بغشاء مزدوج يسمى غشاء البلاستيدة Chloroplast membrane يكـون أملسـا خال من الثقـوب، ويتميز كل من الغشـائين بنفاذية اختيارية. وتوجد بداخـل الجسم حشـوة Stroma عديمة اللون شفافة، بروتينية التركيب، مطمورا فيها

حبيبات غشائية أسطوانية الشكل تسمى بذيرات Grana يبلغ أرتفاع الواحدة منها حوالى سبعة آلاف انجستروم وقطرها حوالى خمسة آلاف انجستروم. والبلاستيدة الخضراء تحتوى على ٣٠-٦٠ بذيرة. وتتركب البذيرة Grana من عدد من صفائح غشائية قرصية الشكل رقيقة يتراوح عددها بين ١٠-٢٠ كل منها عبارة عن غشاء مزدوج Double membrane يتركب من غشائين كل منها عبارة عن وحدة غشائية Unit membrane يلتحمان عند محيطها ليتكون تركيب مزدوج الأغشية.

وتتركب هذه الصفائح في البذيرة كأعمدة العملة. وترتبط البذيرات معا بواسطة صفائح غشائية تسمى الصفائح بين البذيرات Intergrana lamellae لها نفس تركيب صفائح البذيرات وتتميز بأنها ذات ثقوب دقيقة جدا متفرعة في هيئة أنابيب ضيقة جدا تسمى Frets ترتبط بصفائح البذيرات. وتوجد الكاروتينات بالاضافة الى الكلوروفيل على صفائح البذرات. وتحتوي البذيرة على عدة ملايين من جزئيات الكلوروفيل.

والحشوة Stroma في البلاستيدات الخضراء تحتوى على بضع حبيبات نشا دقيقة الحجم تختفى في الظلام خلال ١٢-٢٤ ساعة وتعود ثانية في الضوء خلال بضع ساعات. والبلاستيدة الخضراء في خلايا النسيج المتوسط للورقة تحتوى على ١ - ٥ حبيبات نشا. وحشوة البلاستيدة الخضراء تحتوى أيضا على ريبوزومات أدق حجما من ريبوزومات سيتوبلازم الخلية وتراكيب أخرى في صورة قطيرات من الليبيدات. ويوجد بالبلاستيدة الخضراء في النباتات الراقية حوالى ٢٠-٥٠ عضي تركيبي متماثل تسمى Nucleoids بكل منها جزيء DNA حلقى الشكل ذات تركيب خاص. توجد هذه التراكيب في مناطق معينة من الحشوة ويزداد عددها وحجمها تبعا لحجم البلاستيدة.

نشأة البلاستيدات الخضراء :

تنشأ البلاستيدات الخضراء من بلاستيدات أولية Proplastids مع نمو النسيج وتعرضه للضوء باندغام الغشاء الداخلى لغلاف البلاستيدة الأولية في داخل حشوة الجسم وذلك في مناطق متفرقة منه. هذه الأنثناءات تصبح في صورة حويصلات زوجية الأغشية وتنفصل عن الغشاء ثم تتجمع في صفوف في بعض المناطق تتكون منها البذيرات. وفي آخر مراحل نضج البلاستيدة الخضراء تصبح البذيرات خضراء اللون. وقد تنقسم البلاستيدة الأولية ثلاث أو أربع مرات انقساما مباشرا قبل أن تتحول الى خضراء. ولا توجد أى علاقة بين انقسام الخلية وانقسام البلاستيدة الأولية.

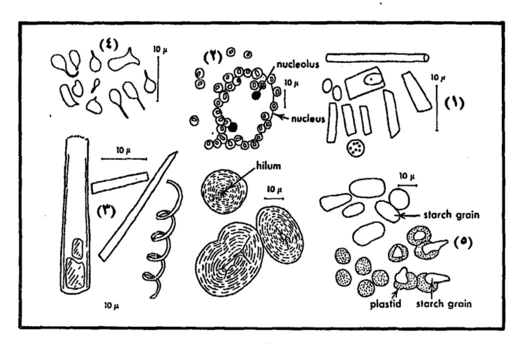
ويرجح أن كلا من البلاستيدة الملونة وعديمة اللون تنشأ من البلاستيدة الأولية عند مرحلة من مراحل تكشفها الى خضراء. وتهمين نواه الخلية والعوامل الوراثية الموجودة في البلاستيدة الأولية على عملية تكوين البلاستيدة الخضراء. وأحيانا تنشأ البلاستيدات

الخضراء من بلاستيدات الظلام .

(ب) *البلاستيـــدات الملـــونة* Chromoplastids

وهي بلاستيدات تحتوى على صبغات كاروتينية Carotenoids تكسب كثير من الثمار وبتلات الأزهار وبعض الجذور لونا أصفر أو برتقالى أحمر. وتنشأ هذه البلاستيدات غالبا من بلاستيدات خضراء كما في ثمار البرتقال والطماطم والمانجو ولهذا فان حجمها وشكلها يماثل تقريبا حجم وشكل البلاستيدات الخضراء. هذه البلاستيدات توجد أما فرادى أو في مجموعات وهي خالية من الجهاز الغشائى المختص بعملية البناء الضوئى وبها تراكيب غنية بالكاروتينويدات (شكل ٤٤).

وعرفت خمسة طرز من البلاستيدات الملونة على أساس من تركيبها الداخلى. أبسط هذه الطرز هو الكروى ويحتوى فقط على تراكيب بلاستيدية كروية الشكل يرجح أنها تحمـل الكـاروتينـويدات، ويوجد في معظم بتلات بعض الأزهار ، والثاني هو الطراز



(شكل ٤٤) : يوضح أشكال البلاستيدات الملونة.

(١) بلاستيدات ملونة من ثمرة الطماطم.
(٢) نواة يحيط بها بلاستيدات ملونة من ثمرة الفلفل الأحمر.
(٣) بلاستيدات ملونة من جذر الجزر.
(٤) بلاستيدات ملونة من الزهرة القرصية لنبات عنبر كاشميرى.
(٥) بلاستيدة نشويـــــــة .

الغشـائى الـذي يحتوى على ٢٥ مجموعة من أغشية حلقية مركزية، ويوجد في بتلات بعض الأزهـار مثـل الـدافوديل Daffodil. والطراز الأنبوبى، مثل الذي يوجد في ثمار الفلفـل الأحمـر (الشطة) ويحتوى على تراكيب ليفية يرجح أنها حاملة للصبغة الملونة. والطراز الرابع هو الشبكى الانبوبى ويحتوى على تركيب شبكى من أنيبيـات متفرعـة غير متـوازية. أمـا الـطراز الخامس فيعرف بالبللورى، حيث توجد الكاروتينويدات به في صوره بللورات كما في ثمار الطماطم. والكاروينتويدات في ثمار الطماطم معظمها ليكوبين Lycopene توجـد في صورة بللورات أنبـوبية. ولاتعـرف حتى اليوم وظيفة فسيولوجية للبلاستيدات الملونة ويرجح أن اللون اللامع لها في الأزهار والثمار قد يجذب الحشرات للتلقيح والطيور لانتشار الثمار.

البلاستـيدات الأولـية Proplastids

وهي تراكيب بروتوبلازمية عديمة اللون توجد في الخلايا المرستيمية للساق والجذر. والبـلاستيدات الأولية بيضاوية أو كروية الشكل يتراوح قطرها بين ١ـ٥ر١ ميكرون. وجسم البـلاستيدة الأولية بسيط الـتركيب يحاط بغلاف مزدوج الأغشية، ويحتوى على بذيرة بسيطة التركيب أو اثنين. قد تحتوى البلاستيدة الأولية في المرستيم القمى للجذر على بضـع حبيبـات نشا دقيقة الحجم. وتحتوى الخلية في المرستيم القمى للساق على حوالى ٧ـ٢٠ بلاستيدة أولية، وحوالى ٢٠ـ٤٠ في المرستيم القمى للجذر.

بلاستيـدات الظـلام Etioplasts

وهي بلاستيدات توجد في أوراق النبات الذي ينمو في الظلام، وتتكون في الأوراق الفلقية للبـادرات قبل أن تظهر خارج التربة. وكذلك في الخلايا المرستيمية الأخذة في التميز والتي توجـد في قواعـد أوراق نبـاتـات العـائلـة النجيليـة والتـي تحجبها غمـد الريشـة أو الأوراق المسنة.

ويمكن اعتبـار بلاستيدات الـظلام كمـرحلة في تكـوين البلاستيدات الخضراء. وتحتوى هذه البلاستيدات على كثير من بروتين البلاستيدات الخضراء وكميات ضئيلة جدا من الكاروتينويدات والبروتوكلورفيل وبها ريبوزومات و DNA.

وهـذه البـلاستيدات بيضاوية الشكل تقريبا طولها حوالى ٣ ميكرون وتحاط بغشاء مزدوج. وحينما تتعرض الأوراق التي في الظلام للضوء فان بلاستيدات الظلام تتحول إلى أخـرى خضـراء.

البلاستيدات النشوية Amyloplastids

وهي بلاستيدات ناضجة، خالية من الصبغات تكون ممتلئة بحبيبات النشا (شكل ٤٤). وتوجد هذه البلاستيدات في أعضاء التخزين مثل الدرنات والكورمات والجذور الدرنية، وفي أندوسبرم البذور وفلقات الأجنة، كما توجد أيضا في خلايا الأنسجة الحية البعيدة عن الضوء وفي قلنسوة الجذر. والبلاستيدة النشوية تكون محاطة بغلاف مزدوج الغشاء وتخلو من الجهاز الغشائى المختص بعملية البناء الضوئى. وحبيبات النشا تمثل الجزء الرئيسى من جسم البلاستيدة النشوية، فقد تحتوى على حبيبة نشا واحدة كبيرة كما في درنات البطاطس، أو يصل عدد الحبيبات الى حوالى ثمانية كما في خلايا قلنسوة الجذر. وحبيبات النشا تكون مطمورة في حشوة البلاستيدة النشوية والتي تحتوى أيضا على DNA في أماكن معينة وبعض الريبوزومات.

وتقوم البلاستيدات النشوية بتحويل السكروز المنقول اليها من أنسجية البناء الضوئى الى نشا ليستفيد النبات من الكربوهيدرات عند الحاجة كما في حالة الأنبات. والبلاستيدات النشوية في قلنسوة الجذر تلعب دورا هاما في تأثر الجذر بالجاذبية الأرضية. ويمكن أن تتحول هذه البلاستيدات الى خضراء عندما تتعرض الأنسجة الحاوية لها للضوء. ولقد وجد حديثا أن هذه البلاستيدات مسئولة عن تكوين السليلوز في جدر الخلايا خلال عملية انقسام الخلية.

التحول في البلاستيدات

البلاستيدات الخضراء، والبلاستيدات الملونة، والبلاستيدات النشوية وبلاستيدات الظلام يمكن أن تنشأ جميعها من البلاستيدات الأولية مباشرة. والتغير العكسى، أى البساطة في تركيب البلاستيدة من النوع المتخصص الى البلاستيدة الأولية، يكون مرتبطا بأنقسام الخلية ويمكن ملاحظته حينما ينشأ نسيج مرستيمي في نسيج متميز. وبلاستيدات الظلام تتحول الى خضراء في الضوء. والبلاستيدات النشوية تتكون عادة كمرحلة وسطية بين بلاستيدات الظلام والبلاستيدات الخضراء، وحتى الناضجة منها قد يتكون فيها جهاز البناء الضوئى اذا عرضت للضوء كما في درنة البطاطس. والبلاستيدات الملونة يمكن أن تنشأ عن الخضراء، ومثل هذا التغير العكسى يلاحظ في الجزر والبرتقال.

الانقسام في البلاستيدات

في المرستيمات، يتوافق انقسام البلاستيدات مع انقسام الخلية، بينما في الأنسجة الأخرى فان هذه العلاقة ليست وثيقة. فمثلا يستمر انقسام البلاستيدات في الأوراق

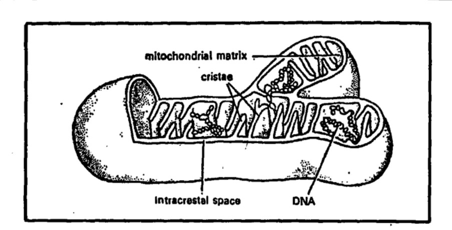
اليافعة بعد أن يتوقف انقسام الخلية. ومع هذا، فان كل نوع من خلايا جسم نبات زهرى معين يبدو أنها تحتوى على عدد معين نهائى تتميز به من البلاستيدات، ويتحكم في هذا العدد عوامل داخلية مثل مقدار DNA في النواة وأخرى خارجية مثل شدة الإضاءة.

ولقد عرف الانقسام في البلاستيدات الخضراء والبلاستيدات الأولية، بينما لم يعرف بدقة في غيرهما من البلاستيدات. وتوجد طريقتان لانقسام البلاستيدة الخضراء في النباتات الراقية، في الأولى يحدث تخصر في المنطقة الوسطى من جسم البلاستيدة يزداد تدريجيا حتى يقسمها الى بلاستيدتين شقيقتين. والطريقة الثانية تتضمن اندغام الغشاء الداخلى للبلاستيدة الخضراء في المنطقة الوسطى لها فتنقسم الى بلاستيدتين، وكيفية توزيع DNA البلاستيدة في البلاستيدتين الشقيقتين غير معروفة.

٤ ـ الميتوكوندريا Mitochondria

وهي أعضاء صغيرة شاهدها الألمانى Almon حوالى عام ١٩٠٠ ميلادية غير أنه لم يعرف تركيب جسمها الا عام ١٩٥٠. تشاهد الميتوكوندريا، بالمجهر الضوئى، في صورة أجسام كروية أو خيطية أو عصوية أو متفرعة وأكثر أشكالها شيوعا في النباتات الزهرية هى الشكل العصوى. يتراوح طولها ١ ـ ٥ ميكرون وقطرها ١/٢ ـ ١ ميكرون. وتوجد الميتوكوندريا (شكل ٤٥) في جميع خلايا النبات الحية، ويتراوح عددها بين ٥٠٠ ـ ٣٠٠٠ تبعا لحجم الخلية ونشاطها. وكثيرا تشاهد الميتوكوندريا متجمعة حول نواة الخلية في الخلايا النشطة مثل الخلية المرافقة للأنابيب الغربالية في نسيج اللحاء. وتشغل الميتوكوندريا حوالى ١/٥ حجم سيتوبلازم الخلية وتتحرك مع تيار السيتوبلازم في الخلية. قد تتحد الميتوكوندريا في أزواج أو مجموعات، يتغير شكلها الخارجى بدرجة كبيرة خلال حركتها في الخلية. ولقد أظهر المجهر الأليكترونى أن جسم الميتوكوندريا يتركب من غلاف مزدوج الأغشية يماثل كل غشاء في تركيبه الغشاء البلازمى. يتميز الغشاء الخارجى بأنه أملس ومرن، يحيط تماما بجسم الميتوكوندريا، أما الداخلى فأنه يمتد داخل تجويف الجسم في صورة طيات Cristae أنبوبية الشكل تزيد من مساحة السطح الداخلى، وتحوى العديد من جزيئات الانزيمات. ويوجد فراغ بين غشائى الغلاف يمتلىء بسائل به عديد من الانزيمات. ويتميز الغشاءان باختلافهما في درجة النفاذية، كما أن الخارجى يحتوى على مقدار أكبر من الليبدات بالنسبة للداخلى.

ويشاهد على السطح الخارجى للطيات الأنبوبية، حبيبات أو عقد كل منها ذات رأس كروية الشكل وعنق قصير، حجمها حوالى ٨٠ أنجستروم. يعتقد أن هذه الحبيبات هى المختصة بالنشاط الكيماوى للميتوكوندريات.



(شكل ٤٥): يوضح تركيب الميتوكوندريون.

ويحتـوى تجـويف الجسـم علـى ريبـوزومات وجزيئات مـن DNA وانزيمـات خاصـة بعملية التنفس.

والميتـوكـونـدريا هي مراكـز لدورة كربس Krep cycle في عملية التنفس الهوائى في الخلية، وتعتـبر مصـانـع انتاج الطاقة منها في صورة ATP وتكوين الأحماض الأمينية. وتحتـوى الميتوكوندريات بداخلها على حوالى سبعين نوعا من الانزيمات التي تشترك في عملية التنفس.

كما تتميز الميتـوكـونـدريا بقـدرتها على التكاثر بالانقسام المباشر. حيث يحدث هذا الانقسـام بانثنـاء جزء من الغشـاء الـداخلى الى داخل الجسم حتى يقسم الحشوة الى حجـرتـين محاطتـان بالغشاء الخارجى. ثم يتكون تخصر بين الحجرتين وينفصلان الى ميتوكوندريا شقيقتين. وهناك رأى آخر يوضح نشأة الميتوكوندريات الجديدة من السيتوبلازم.

٥ ــ الريبوزومـــــات Ribosomes

وهي عضيات صغـيرة جدا، كروية الشكل تقريبا، يتراوح قطرها بين ١٠٠-١٥٠ انجسـتروم. يتركـب الـريبـوزوم بصفـة أسـاسية من حامض الريبوز النووى (RNA) والبروتينات بنسب متساوية تقريبا، مع قليل من الليبيدات. ولقد سميت الريبوزومات بهذا الأسم لأحتوائها على نسبة كبيرة من حامض الريبوز النووى.

وتوجد الريبوزومات حرة في سيتوبلازم الخلية وعلى السطوح الخارجية لأغشية الشبكة الأندوبلازمية وغلاف النواة كما توجد في البلاستيدات الخضراء، والميتوكوندريات. وقد يبلغ عدد الريبوزومات في الخلية حوالى نصف مليون. ولا تتكاثر الريبوزومات ولا تخلق نفسها، وانما تتكون أصولها في النوية وتنتقل منها الى السيتوبلازم.

وأوضحت الدراسة بالمجهر الألكترونى أن الريبوزومات تتجمع في وحدات معقدة التركيب تسمى Polysomes ، تتركب الوحدة من جزء من حامض الريبوز النووى الرسول (mRNA) وعدة ريبوزومات وسلاسل غير مكتملة من البروتين.

وتعتبر الريبوزومات المراكز الرئيسية لبناء البروتينات من الأحماض الأمينية في الخلية. حيث يقوم DNA الموجود في النواة بتكوين mRNA الذي تنتقل جزيئاته الى السيتوبلازم متضمنة النظام الذي يتبع لبناء البروتينات.

وتحتوى الخلية على حوالى ٥٠٠ مليون من جزيئات الانزيمات، يبلغ قطر الواحد منها حوالى ٢٠ أنجستروم، تضم حوالى عشرة آلاف نوع. وهذه الأنزيمات ليست حية، وانما تصنع بواسطة الريبوزومات.

٦ ـ الديكتيوسومات Dictyosomes

وهي صفائح رقيقة جدا غشائية Cisternae توجد منتشرة في سيتوبلازم الخلية (شكل ٤٢). ويتركب الديكتيوسوم من صف من صفائح غشائية متراصة فوق بعضها غير أنها ليست متلاصقة معا نتيجة لوجود مادة بينية غير معروفة التركيب. هذه الصفائح ذات سطوح ناعمة، خالية من الريبوسومات، يتراوح عددها بين ٤ـ٨، كل منها عبارة عن غشاء سيتوبلازمى مزدوج يحصر بين غشائية تجويف اتساعه حوالى ١٥٠ أنجستروم. والديكتيوسوم، يشبة في هذه الحالة ، صف من صفائح منضغطة ومقوسة نوعا على شكل طبق.

وعادة تلتحم نهايتى الغشائين معا، ويظهر بجانب كل منهما حويصلات صغيرة Vesicles يرجح أنها انحصرت عن هذه الصفائح. ولقد أوضح المجهر الألكترونى أن هذه الصفائح الغشائية Cisternae ليست مجرد صفائح أو أكياس مسطحة فقط، وانما تمتد فيها زوائد أنبوبية متفرعة ومتصلة بعضها ببعض، وتحصر بينها فراغات كثيرة. وتتصل الحويصلة بالتجويف بواسطة أنبوبة دقيقة أو أكثر. ويختلف عدد الديكتيوسومات في الخلية، وقد يصل في بعض الخلايا إلى بضعة أو عدة آلاف ، تتجمع غالبا قريبا من النواة .

ولقد ثبت حديثا أن الحويصلات التي توجد بجوار حواف الديكتيوسومات تحتوى على مواد تدخل في تركيب جدر الخلايا، لاسيما المواد البكتينية التي تتركب منها الصفيحة الوسطى للجدار. وتلتحم هذه الحويصلات، بعد انفصالها عن حواف الديكتيوسومات مع الغشاء البلازمى أو الغشاء الفجوى.

كما لقد وجد أن الصفيحة السطحية (العليا) في كل ديكتيوسوم تتجزأ تدريجيا الى

حويصلات دقيقة تنتقل في السيتوبلازم، ربما تحت توجيه من الأنيبيات الدقيقة Mic-rotubules وتلتحم مع أى من الغشائين السابقين البلازميين. والديكتيوسوم تركيب ديناميكى، وتتكون صفائح غشائية جديدة من الشبكة الأندوبلازمية تضم الى الجزء القاعدى من الديكتيوسوم. وفي نفس الوقت تتجزأ الصفائح الأكبر سنا الى حويصلات تلتحم مع الغشاء البلازمى أو الفجوى. يتضح من ذلك أن الصفائح التي تنشأ جديدة يقابلها أخرى تتجزأ الى حويصلات دقيقة جدا تلتحم مع أى من الغشائين البلازميين. كما يصاحب تكوين الصفيحة الجديدة انتاج طبقة من المادة اللاحمة بين الصفائح الغشائية، وبالتالي فان تجزؤ الصفيحة الغشائية يستتبعه تحطم هذه المادة.

وكثيرا تعرف الديكتيوسومات باسم أجسام جولجى Golgi bodies نسبة الى مكتشفها الايطالى Golgi عام ١٨١٨. ولايزال منشأ الديكتيوسومات غامضا، وان كان يعتقد أن الصفائح تنشأ عن حويصلات دقيقة تنفصل عن أجزاء من الشبكة الأندوبلازمية.

٧ ــ الأجسام الكروية Spherosomes

وهي عضيات متناهية في الصغر كروية الشكل يحاط كل منها بغشاء سيتوبلازمى عبارة عن وحدة غشائية، يتراوح قطرها بين ٣٠ـ٤٠ أنجستروم. يتركب جسم هذه العضيات من أكثر من ٨٥٪ من الدهون والباقى معظمه من البروتينات. وتوجد الأجسام الكروية بكثرة في سيتوبلازم خلايا الأنسجة التي تقوم بتخزين الدهون مثل اندوسبرم بذرة الخروع وفلقات عباد الشمس والفول السودانى أو طبقة الأليرون في اندوسبرم حبوب الغلال. وتتكون الأجسام الكروية خلال مراحل تكوين البذرة، وتستهلك الدهون التي تبنى وتخزن فيها خلال مراحل تكوين البادرة عند الانبات حيث تحتوى في تلك الفترة على انزيم الليبيز Lipase الذي يكون نشطا جدا.

ويعتقد العلماء أنها تنشأ عن أجزاء دقيقة تنفصل عن الشبكة الأندوبلازمية.

٨ ــ الأنيبيات الدقيقة Microtubules

ولقد عرفت في خلايا النبات عام ١٩٦٢ وهى عبارة عن عضيات أسطوانية مستقيمة طولها حوالى بضعة ميكرونات وقطر الجسم حوالى ٢٥٠ انجستروم، بينما قطر قناتها حوالى ١٢٠ انجستروم.

وتوجد الأنيبيات الدقيقة في سيتوبلازم الخلية وهناك أخرى يتألف منها المغزل النووى Nuclear Spindle في عملية الانقسام الخلوى غير المباشر، وهى تتكون وتتجزأ طبقا لمتطلبات معينة في الخلية. ووجد أن الأنيبيات الدقيقة لاتنتقل من مكان تكوينها في الخلية فهى تتكون في منطقة ما من سيتوبلازم الخلية وتختفى مع انتهاء الغرض منها،

لتعاد التكوين في منطقة أخرى من جديد، وهي تختفي في منطقة ما وتتكون جديدة في أخرى. يرجح أن لها ارتباط بتنظيم وضع لويفات السليلوز الجديدة في جدار الخلية، كما ويرجح أيضا أنها توجه حويصلات الديكتيوسومات التي تحمل المواد عديدة التسكر خلال السيتوبلازم الى أجزاء الغشاء البلازمى الملاصقة للمناطق التي يبنى فيها جدار الخلية.

٩ ـ الليسوسومات Lysozomes

وهي أجسام موجودة بالسيتوبلازم، يمكن رؤيتها بواسطة المجهر الألكترونى. ويحاط الجسم بغشاء سيتوبلازمى عبارة عن وحدة غشائية وهي خالية من أي امتدادات غشائية داخلية Cristae. والجسم كروى الشكل تقريبا، ويبدو أنها تحتوى على عدد من انزيمات هاضمة، جمعتها من الخلية لتحميها من الهضم الذاتى. وعند موت الخلية، تتجزأ هذه الأجسام وتتحرر الانزيمات الهاضمة وتحلل الخلية.

المكونات غير البروتوبلازمية

تمثل هذه المكونات نواتج عمليات التحول الغذائى، ولهذا قد تظهر أو تختفي كليا أو جزئيا في فترات مختلفة من حياة الخلية، وأحيانا تمثل هذه المكونات مواد مخزونة زائدة عن حاجة الخلية. وتوجد هذه المكونات في الفجوات العصارية أو السيتوبلازمية أو الجدار الخلوى، وهى أما ذائبة أو صلبة أو في حالة غروية، وهى أما عضوية أو غير عضوية. هذه المكونات يتألف منها الجزء غير الحى في الخلية، وتتنوع فوائدها للنبات وأهميتها الاقتصادية للانسان. ولسوف يكتفى بعدد من المكونات الشائعة في مغطاه البذور.

١ ـ *الفجوات والعصير الخلوى*

الفجوة Vacuole عبارة عن تجويف داخل سيتوبلازم الخلية يحتوى على سائل مائى يسمى العصير الخلوى Cell sap، يختلف تركيبه من خلية الى أخرى وحتى من فجوة الى أخرى في نفس الخلية. قد يختلف تركيز العصير الخلوى أيضا في نفس الخلية خلال مراحل تكشفها. وتحاط الفجوة العصارية بغشاء بلازمى يسمى الغشاء الفجوى To-noplast وهو عبارة عن وحدة غشائية Unit membrane. والفجوات العصارية من مميزات الخلية النباتية.

ويعتبر الماء المكون الرئيسى للعصير الخلوى، ويحتوى على مواد تكون ذائبة أو في حالة غروية، وعندما تتراكم مادة بدرجة تزيد عن نقطة التشبع فانها قد تتبلور. ومن المواد الموجودة بالعصير الخلوى، السكريات، والأملاح المعدنية، والأحماض العضوية،

والبروتينات والدباغ والصبغات وأشباه القلويات والانزيمات. وكثيرا توجد بلورات من أكسالات الكالسيوم في فجوات الخلايا الناضجة.

وقد يحتوى العصير الخلوى على مواد معوقة لنشاط الخلية، الا أنها لاتؤثر في فعاليات السيتوبلازم أو مكوناته البروتوبلازمية نظرا لوجود الغشاء الفجوى الذي يحول دون امتزاج هذه المواد بالسيتوبلازم.

والعصير الخلوى حامضى خفيف يختلف تركيزه من خلية الى أخرى في نفس النبات، غالبا عديم اللون. أحيانا يكون العصير ملونا نتيجة لاحتوائه على صبغات أكثرها انتشار صبغات الأنثوسيانين Anthyocyanins. هذه الصبغة مسئولة عن الأوراق الحمراء والزرقاء والقرمزية في كثير من الأزهار والأوراق والسيقان والجذور. في أوراق نبات الكوليس Coleus يحجب اللون الأخضر للكلوروفيل نتيجة لسيادة صبغات الأنثوسيانين في الخلايا. والفلافونات Flovones هي المسئولة عن اللون الأصفر لبعض الأزهار.

وتختلف حجم الفجوة العصارية وشكلها من خلية الى أخرى. وتتميز الخلية المرستيمية بأن فجواتها كثيرة العدد غير أنها دقيقة الحجم وتتباين في الشكل، فقد تكون عصوية أو خيطية أو كروية. وقد تتجمع هذه الفجوات الدقيقة معا مكونة فجوات أكبر. بينما خلايا الكامبيوم الوعائى Vascular cambium ذات فجوات عصارية كبيرة نوعا. والخلية البارنكيمية، عادة توجد بها فجوة عصارية كبيرة تشغيل الحيز الأكبر من الخلية او بضع فجوات كبيرة نوعا تتخللها شرائط سيتوبلازمية تصل فيما بين مناطق السيتوبلازم المختلفة. وتمثل الفجوة العصارية أو الفجوات العصارية في الخلية البارنكيمية حوالى ٩٠٪ من حجمها. وخلال مراحل تخصص الخلية، يزداد حجمها دون أن يقابل هذه الزيادة في الحجم زيادة في مقدار السيتوبلازم.

والفجوات الدقيقة في الخلية المرستيمية تزداد في الحجم تدريجيا وتتحد معا لتكوين فجوة واحدة كبيرة أو أكثر، تدفع السيتوبلازم والنواة قريبا من جدار الخلية. وتهيىء الفجوة العصارية وسطا لانتقال الماء الى الخلية، كما تحافظ على شكل الخلية وانتفاخها. وتعتبر الفجوة العصارية مكانا تخزن فيه المواد الزائدة عن حاجة الخلية. وقد يخزن في الفجوات العصارية لبتلات الأزهار مواد جاذبة للحشرات لتقوم بعملية التلقيح، وقد توجد مواد طاردة لها.

ولقد أختلف الباحثون في تحديد منشأ الفجوات العصارية، فهناك من يرى أنها تجاويف من الشبكة الأندوبلازمية، وآخرين يرون أنها قد تنشأ عن أجسام داكنة تظهر في السيتوبلازم، ربما تكون فجوات دقيقة تمتص كميات من الماء تؤدى الى زيادتها في

الحجم مكونة فجوات كبيرة. أما البعض الآخر فيرى أنها قد تنشأ تلقائيا كتركيب جديد في السيتوبلازم وليست عن فجوات سابقة. ولقد اكتشف Meyen الفجوات العصارية في عام ١٨٣٥ وتبعه Schleiden في عام ١٨٤٢ حيث ميز بين الفجوة العصارية والسيتوبلازم.

٢ ـ الكربوهيدرات Carbohydrates

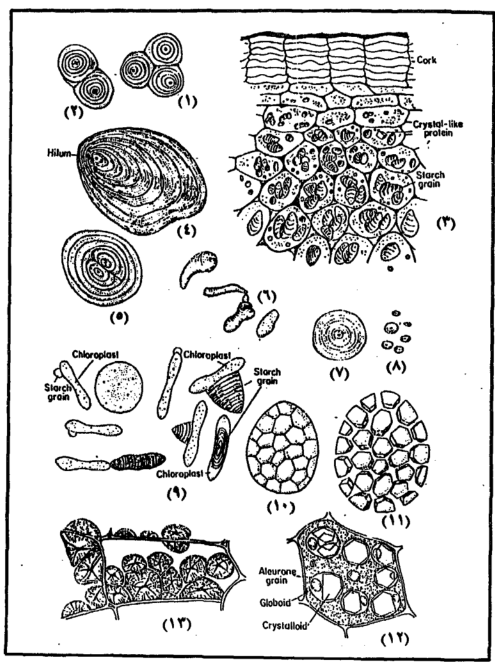
الكربوهيدرات مواد عضوية تمثل مكونا أساسيا لجميع خلايا أنسجة النباتات مغطاه البذور، وتشمل مواد متنوعة مثل السكريات والنشا والسليلوز والهيميسليلوزات والمركبات البكتينية والصموغ والمواد المخاطية وغيرها. توجد الكربوهيدرات في الخلايا النباتية على صورة ذائبة أو صلبة. ومن أهم الكربوهيدرات الذائبة في الماء والتي توجد كمواد مدخرة في الخلية السكريات الأحادية؛ الجلوكوز والفركتوز، والسكريات الثنائية، السكروز، ومن السكريات العديدة التسكر الانيولين. ويعتبر النشا والسليلوز والهيميسليلوزات من الكربوهيدرات غير الذائبة في الماء.

أ ـ السكريات Sugars

السكريات الهامة في النباتات مغطاه البذور التي توجد في العصير الخلوى هى الجلوكوز Glucose والفركوز Fructose والسكروز Sucrose. وسكر الجلوكوز أو سكر العنب يعتبر أكثر السكريات شيوعا في النبات حيث يوجد تقريبا في كل خلية، وهو السكر الأساسى الذي يستخدم في عملية التنفس. ويعتبر سكر الجلوكوز هو الأساس الذي تتكون منه النشا والسليلوز.

ويمثل السكروز، أو سكر القصب، أحد صور تخزين المواد الكربوهيدراتية في النباتات مُغطاه البذور. وبعض المحاصيل تتميز باحتوائها على مقادير كبيرة مخزنة من السكروز مثل سيقان نبات قصب السكر Saccharum officinarum قد تصل نسبة السكر في السيقان الى حوالى ٢٠٪ وجذور نبات بنجر السكر Beta vulgaris وبذور البازلاء Pisum sativum والاسفندان السكرى Acer Saccharinum.

والفركتوز أو سكر الفاكهة يوجد تقريبا في كل الخلايا ويكثر وجوده في كثير من ثمار الفاكهة ويفوق في هذه الحالة ما بها من الجلوكوز والسكروز. ويلعب الفركتوز دورا هاما في عديد من التفاعلات الحيوية. والانيولين Inulin مادة عديدة التسكر Polysaccharide تتكون من تكثف جزئيات من الفركتوز. ويوجد الأنيولين في صورة بلورات مخزنة بكثرة في عدد من النباتات خصوصا أنواع من العائلة المركبة Asteraceae مثل جذور نبات الداليا Dahlia وريزومات نبات الخرشوف Helianttus Tuberosu (شكل ٤٦).



(شكل ٤٦): يوضح حبيبات النشا في البطاطس.

(١). حبيبة نشا مركبة. (٢). حبيبة نشا نصف مركبة (٣). قطاع عرضى في الجزء الخارجي من درنة البطاطس. (٤). حبيبة نشا بسيطة ذات سرة طرفية. (٥). حبيبات نشا للموز (٦). حبيبات نشا القمح. (٧و٨). خطوات تكوين حبيبة النشا في بلاستيدة خضراء. (٩). حبيبة نشا مركبة في نبات الزمير. (١٠ و ١١). بلورات الانيولين في جذور الداليا. (١٢). حبيبات الأليرون في اندوسبرم الخروع. (١٣). حبيبات النشا في الفاصوليا.

والانيولـين نادرا يوجـد في الاعضاء الهوائية للنبات، غير أنه قد يمثل حوالى ١٥٪ من الوزن الجاف لبعض الأعضاء الأرضية. إذا وضعت بضع شرائح من جذور الداليا في الكحـول يترسب الانيولـين في صورة بلورات جميلة الشكـل ذات طبقـات مركـزية. ويتحلل الأنيولين مائيا الى فركتوز بواسطة الانزيم Inulase.

ب - النشــا Starch

يعتـبر النشــا أهم المـواد الكربوهيدراتية المدخرة في النباتات مغطاه البذور. بعض المحـاصيل لها القدرة على اختزان كميات كبيرة من النشا في أعضاء تخزين مثل درنات نبـات البـطاطس Solanum tuberosum وجذور البطاطا Ipomoea batatus وكورمات القلقـاس Colocasis esculenta وحبـوب الغلال Cereals وسيقان بعض أنواع النخيل مثل نخيل ساجو Metroxylon sago.

وخـلال عملية البنـاء الضـوئي يتكـون النشـا في البلاستيدات الخضراء في صورة حبيبات ميكروسكوبية بيضاء اللون تسمى حبيبات النشا Starch grains (شكل ٤٦). يتبقى هذا النشا في البلاستيدات الخضراء طالما كانت هناك مواد كربوهيدراتية زائدة في الخلية. ويتحول هذا النشا خلال الليل الى سكر جلوكوز ينتقل من الورقة الى أعضاء النبات الأخرى حيث يستفاد منه أو يخزن داخل البلاستيدات النشوية Amyloplasts حيث يعاد بناء السكر الى حبيبات نشا. هذا النشا المخزون في البلاستيدات النشوية يسمى النشـا الأختـزانى Storage starch أمـا الذي يتكون في البلاستيدات الخضراء فيسمى النشا البنائى Assimilatory starch أو الانتقالى.

وتتركب حبيبة النشا من نوعين من المواد الكربوهيدراتية يسمى أحدهما الأميلوز Amylose والأخر الأميلو بكتين Amylopectin يذوب الأول في الماء بينما الأميلو بكتين يصبـح في صورة جيلاتينية مع الماء. وجزيئات الأميلوز أصغر من نظيرتها في الأميلو-بكتين. يتركب جزيء الأميلوز من سلسلة مستقيمة من جزيئات الجلوكوز بينما جزيء الأميلوبكتين يتركب من سلسلة متفرعة، وقد تتفرع الأفرع الجانبية.

وتختلف نسبة الأميلوز والأميلوبكتين بدرجة كبيرة في الأنواع المختلفة من النباتات، ومـع هذا يمثل الأميلوز حوالى ٢٠-٣٠٪ في حبيبات النشا لمعظم النباتات فنشا بذور البازلاء Psium sativum يحتوى على ٦٠-٧٠٪ أميلوز، بينما النشا الشمعى Wax starch الموجود في بعض أنواع الذرة وغيره من حبوب الغلال يتركب كليا من الأميلوبكتين.

وتختلف حبيبـات النشـا في الشكـل والحجم تبعا لنوع النبات. فقد تكون الحبيبة كروية الشكل أو بيضاوية، وقد تكون كلوية أو كمثرية أو مضلعة أو صولجانية الشكل،

ويتراوح قطر حبيبة النشا بين بضعة ميكرونات وحوالى ٣٥٠ ميكرون. تتميز حبيبة النشا بعلامات مورفولوجية يمكن ملاحظتها تحت المجهر وهى السرة Hilum والطبقات Stratifications أى الحلقات مشتركة المركز التي تحيط بالسرة Hilum وهى المركز العضوى الذي تترسب حوله طبقات النشا المختلفة. ويظهر النظام الطبقى لاختلاف كثافة طبقات النشا، بعضها الى الخارج من البعض الآخر، والطبقة الأكثر كثافة تكون لامعة بينها الأقل تكون داكنة.

وتختلف الطبقات في كثافتها، وتمثل كل منها الزيادة التي طرأت على الحبيبة خلال فترات تكوينها. كثيرا تكون السرة والطبقات واضحة كما في نشا البطاطس Solanum tuberosum وغيرها من نباتات العائلة الباذنجانية Solanaceae والعائلة الفراشية Fabaceae. وأحيانا تكون السرة غير واضحة لاسيما في الحبيبات صغيرة الحجم.

السرة في حبة النشا تكون اما مركزية Concentric أى في وسطها أو طرفية Excentric أى قريبة من أحد طرفى الحبيبة. وفي العائلة النجيلية Poaceae والفراشية تكون السرة مركزية، بينما في العائلة الباذنجانية تكون طرفية. وإذا بدأ تكوين حبيبة النشا قريبا من الجزء الخارجى للبلاستيدة النشوية، فان الحبيبة ستنمو بدرجة أسرع تجاه الجانب الآخر من البلاستيدة، وبذلك تكون الطبقات أكثر سمكا في الجزء الأكبر من البلاستيدة، وتصبح السرة طرفية. وإذا كانت الحبيبة أثناء تكوينها محاطة بانتظام بغلاف البلاستيدة، فان نموها يكون منتظما داخل البلاستيدة، وتصبح السرة مركزية. وقد تكون السرة على هيئة نقطة أو شق صغير غير متفرع، أو شقين أو ثلاثة متشعبة من مركز وسطى واحد. وقد تكون السرة على هيئة شق أو أخدود طويل، متفرع يمتد وسط الحبيبة، تخترق التفرعات طبقات النشا المجاورة للسرة كما في بذور الفاصوليا Phaseolus vulgaris. ويرجع وجود هذا الأخدود الى ارتفاع نسبة الماء في الطبقات المحيطة بالسرة خلال فترة تكوين الحبيبة ثم انخفاض هذه النسبة بعد بضع الحبيبة وجفافها.

الحبيبات البسيطة والمركبة Simple and Compound Grains

أ - *الحبيبة البسيطة* Simple grain

وهي حبيبة واحدة تتكون داخل البلاستيدة تتميز باحتوائها على سرة واحدة تحيط بها صفائح من النشاء مثل حبوب الذرة Zea mays والفاصوليا Phaseolus vulgaris والقمح Triticum spp. يتراوح قطر الحبيبة البسيطة بين ٥-٢٥ ميكرون في نشا الذرة، وفي القمح ١٥ - ٥٠ ميكرون، وفي نشا البطاطس حوالى ١٠٠ ميكرون.

ب - *الحبيبة نصف المركبة* Semi Compound Grain

تتركب الحبيبة من حبيبتين أو ثلاث وتشتمل على سرتين أو ثلاث تحيط بها معا بضع طبقات مشتركة من النشا كما في البطاطس والبطاطا Ipomoea batatus. ويرجع ذلك الى تكوين بضع حبيبات في فترة واحدة داخل البلاستيدة النشوية.

جـ - *الحبيبة المركبة* Compound Grain

تتركب الحبيبة المركبة من تجمع حبيبتين أو أكثر لكل منها سرة وطبقات نشا محيطة. ومن أمثلة هذه الحبيبات المركبة حبات النشا في الأرز والشوفان والبطاطس. ويتراوح عدد الحبيبات في الحبيبة المركبة لنشا الأرز Oryza sativa حوالى ١٠٠ حبيبة، والملليجرام من هذا النشا يحتوى على حوالى ١١ مليون حبيبة. والحبيبة المركبة في البطاطس تشمل ١٠٠ حبيبة، وفي الشوفان Avena sativa تحتوى الحبيبة المركبة على حوالى ٢٠٠ حبيبة.

حـ - *السليلوز* Cellulose

وهو مادة كربوهيدراتية وثيقة الارتباط بالنشا، وهو المكون الرئيسى لجدر خلايا النباتات مغطاة البذور، ويكسبها المتانة اللازمة، ويتميز بقدرته على تشرب الماء وانفاذه. يتركب جزىء السليلوز من سلسلة غير متفرعة تتكون من تكثيف عدة مئات من جزيئات سكر الجلوكوز. وجزيئات السليلوز في جدار الخلية مختلفة الطول، فقد تكون طويلة تحتوى على بضعة آلاف من جزئيات سكر الجلوكوز أو قصيرة يصل عدد الجزئيات فيها الى حوالى ألف. وتتجمع هذه السلاسل في وحدات تسمى اللويفات الدقيقة Microfibrils وهى الوحدات التركيبية الأساسية لجدار الخلية.

ولويفات السليلوز الدقيقة تتكون عند السطح الخارجى للغشاء البلازمى، حيث تكسوه حبيبات كروية الشكل مطمورة جزئيا فيه، يقوم عدد منها بتكوين هذه اللويفات. وقطر الحبيبة يكون عادة أكبر من قطر اللويفة الدقيقة، حيث يبلغ حوالى ١٥ نانوميكرون بينما قطر اللويفة حوالى ٨٫٥ نانوميكرون. وهذه الحبيبات تقوم أيضا ببناء الزيادة التي تحدث في طول اللويفة خلال مراحل نمو الخلية.

واللويفة الدقيقة تتركب من حزمة جزيئات السليلوز، محاورها الطويلة متوازية معا، والمقطع العرضى للويفة بيضاوى الشكل. الجزء الأوسط من جسم اللويفة، يضم جزيئات سليلوز تترتب مفرداتها في هيئة تركيب شبكى متبلور، بينما الجزء الخارجى، القشرة، تترتب الجزيئات في صورة غير منتظمة تحتوى فيما بينها على حشوة Matrix من مواد بكتينية وهيميسليلوزا تنفذ اليها الماء. وهذه الحشوة تقوم الديكتيوسومات، في سيتوبلازم الخلية، ببناء مكوناتها وتنتقل داخل حويصلاتها الى جدار الخلية، ويبدو أن

الأنيبيات الدقيقة توجه هذه الحويصلات الى أماكن الحشوة في الجدار.

واللويفة الدقيقة يبلغ طولها عدة ميكرونات تبعا لطول جزيئات السليلوز التي تتركب منها. ونظرا لأن جزىء السليلوز يوجد في هيئة سلسلة غير متفرعة متوسط طولها حوالى ٤ر١٢ ملليمكرون، فان بعض هذه الجزئيات يمتد بطول اللويفة بينما الكثير لا يصل امتداده الى نهاية اللويفة، ولهذا توجد مناطق في اللويفة الدقيقة تنتهى عندها سلاسل جزئيات السليلوز بينما تبدأ غيرها. والقطاع العرضى للويفة الدقيقة يتراوح بين ٥ر٤ـ٨ر٥ نانوميكرون، جزؤها الأوسط يحتوى على حوالى ٥٠ جزىء سليلوز بينما الخارجى يوجد به أكثر من ١٠٠ جزىء من عديدات التسكر Polysaccharids سليلوز + هيميسليلوز.

د ـ الهيميسليلـوزات Hemicellulose

اقترح هذا الاسم عام ١٨٩١، وهى ليست متعلقة كيماويا بالسليلوز وانما توجد مرتبطة معه في جدر خلايا النبات، وتتميز بصفات كيمائية وطبيعية خاصة.
والهيميسليلوزات التي توجد في جدر اندوسبرم بعض البذور مثل البن Coffea والبلح Phoenix dactylifera تعتبر غذاءا مدخرا يستفيد منه جنين البذرة خلال الانبات.
والهيمسليلوزات التي توجد بالجدر الخلوية للأنسجة الخشبية لبعض الأشجار، مثل أشجار التفاح Malus Sylvestris يستفيد منها النبات كغذاء مدخر يهضم ويستخدم حينما يستألف النمو في الربيع.

هـ ـ اللجنين Legnin

وهو مادة غير كربوهيدراتية تبنى في سيتوبلازم الخلية، ويتم اتحادها في جدار الخلية لتكون اللجنين. ويحتوى جدار الخلية على انزيم Laccase المختص ببناء اللجنين.
ومكونات اللجنين تنتقل الى جدار الخلية عن طريق الغشاء البلازمى ومنه الى الجدار حيث تلتقى بهذا الانزيم. ولما كانت عملية التلجنن تحدث عند المراحل الأخيرة لنمو الخلية، فلابد أن يوجد بالجدار، في هذه الفترة، اشارة معينة تتحكم في نشاط أنواع من الانزيمات التي توجد في الجدار لتكوين اللجنين عند هذه المرحلة.

وتوزيع اللجنين في جدار الخلية يكون غير متماثل، وعادة الطبقات التي تترسب منه أولا، وهى الصفيحة الوسطى والجدار الابتدائى، تكون أكثر تلجننا مما تكون عليه في الجدار الثانوى.

و ـ المركبات البكتينية Pectic Compounds

وهي مواد عديدة التسكر مثل الهيميسليلوزات غير أنها تذوب في الماء مثل حامض

البكتيك Pictic acid والبكتين Pectin. والبروتوبكتين Protopectin لايذوب في الماء، ويوجد في الصفيحة الوسطى حيث يربط جدارى الخليتين المتلاصقتين معا، كما يمثل جزءا من الجدار الابتدائى للخلية، ويرتبط مع السليلوز وأحيانا اللجنين. يشترك عدد من الانزيمات في تحلل المركبات البكتينية المعقدة الى بسيطة مثل Pectinase, Protopectinase الأمر الذي يؤدى إلى تفكك جدر الخلايا تحت ظروف معينة.

وجدير بالذكر ان الفاكهة زائدة النضج، التي يتحول فيها معظم البكتين الى حامض بكتيك، تكون أقل صلاحية في عمل الجيلى مقارنة بغير الناضجة أو الخضراء. وخلال نضج الثمار يتحول البروتوبكتين الى بكتين ذائب، ولهذا تصبح الثمار غير متماسكة. هذا التحول يجعل كثير من الثمار طرية.

ز - *الصموغ* Gums

وهي مواد كربوهيدراتية معقدة تمثل ناتجا غير عادى نتيجة لظروف مرضية في النبات ينتج عنها تحطم جدران ومحتويات الخلايا. والصمغ العربى أحد أنواع الصموغ يحصل عليه من أحد أنواع جنس Acacia الافريقية، وكذلك صمغ Tragacanth يحصل عليه من نوع آسيوى يسمى Astragalus والصموغ المعروفة التي تفرز من سيقان أشجار البرقوق والخوخ أمثلة واضحة للظروف المرضية..

ح - *المواد المخاطية* Mucilage

مركبات كربوهيدراتية معقدة يبدو أن تركيبها الجزيئى، من الناحية العامة، يماثل نظيره في الصموغ. وتمثل المواد المخاطية ناتجا عاديا لنشاط الخلية، وقد تتكون بكميات كبيرة تؤدى الى امتلاء الخلية بها. ومن أمثلة المواد المخاطية تلك التي توجد في قلف Bark شجرة الدردار Ulmus والتي تخزن في خلايا بشرة غلاف البذرة في نبات الكتان Linum usitatissimum (شكل ٨) وفي خلايا جذور نبات الخطمية Althea rosea وجذور وثمار نبات الدبق Loranthus والأنسجة الخازنة للماء في النباتات الصحراوية مثل الصبار. وتتراكم المواد المخاطية في بذور بعض البقوليات مثل شجرة الجراد Robinia وخرنوب العسل Gladistachia والخرنوب Ceratonia siliqua.

٣ ـ البروتينات Proteins

مواد عضوية نيتروجينية ذات أهمية قصوى للنبات فهى تمثل المكون الأساس لبروتوبلازم الخلية. توجد البروتينات المخزونة اما ذائبة في العصير الخلوى، أو في حالة صلبة في صورة كتلة غير منتظمة الشكل تملىء حيز الخلية كما في اندوسبرم بذور الحبهان Elittaria Cardamomum أو على شكل أجسام محددة الشكل تسمى حبيبات الأليرون

Aleurone grains. تنشأ كل حبيبة داخل فجوة عصارية محتوياتها غنية بالبروتينات، وتتصلب في هيئة حبيبات مستديرة وأحيانا كأجسام غير منتظمة الشكل (شكل ٤٦).

ويكثر وجود حبيبات الأليرون في اندوسبرم البذور الغنية بالزيت مثل الخروع Ricinus والكتان Linum والقطن Gossypium وفول الصويا Glycine. كما توجد حبيبات الأليرون في خلايا طبقة الأليرون المغلفة لاندوسبرم حبوب الغلال، وفي خلايا أجنة بعض البذور مثل تباع الشمس Helianthus annus والخروع Ricinus communis والقطن Gos-sypium . وحبيبات الأليرون كبيرة الحجم توجد عادة في بذور الزيت مثل الخروع والقطن بينما تكون صغيرة في البذور الغنية بالمواد النشوية مثل بذور البازلاء Pisum والفول Vicia faba . هذه الحبيبات قد تكون بسيطة التركيب غير متبلورة، مستديرة الشكل وصغيرة، تتركب من غشاء رقيق بداخله حشوة بروتينية غير متبلورة كما في البازلاء، أو تكون معقدة التركيب ولكل حبيبة غلاف رقيق يحيط بحشوة بروتينية غير متبلورة مطمور فيها جسم أو أكثر بروتينى مضلع يسمى بالجسم شبه البللورى Crys-talloid يكون مرتبطا بجسم أو أكثر كروى الشكل غير متبلور يسمى بالجسم شبه الكروى Globoid ، يتركب من مادة مركبة معدنية من فوسفات الكالسيوم والمغنسيوم. وحبيبات الأليرون صغيرة الحجم، أقل قطرا من معظم حبيبات النشا. فمثلا، قطر حبيبة الأليرون في الكتان حوالى ٨ـ١٥ ميكرون، والخروع حوالى ١٠ ميكرون. وحبيبة الأليرون في اندوسبرم بذرة الخروع والكتان تحتوي على جسم شبه بللورى واحد وآخر شبه كروى، بينما في بذور جوز الطيب Myristica fragrans. تحتوى الحبيبة على جسم شبه بللورى فقط، وفي بعض ثمار العائلة الخيمية Apiaceae توجد في حبيبة الأليرون بلورة نجمية من أكسالات الكالسيوم فقط.

وهناك وظيفة خاصة لخلايا طبقة الأليرون في حبوب الغلال ليستفيد منها الجنين خلال الأنبات. فقد ظهر أن الجنين في حبة الشعير يقوم بافراز حامض الجبريلليك Gib-berellic acid والذي يشجع خلايا طبقة الأليرون لانتاج انزيم الأميليز Amylase حيث يحول النشا الموجود في خلايا الاندوسبرم الى سكر وبذلك يجعله ميسورا ليستفيد منه الجنين خلال مراحل تطوره الى بادرة.

وأهم البروتينات غير المتبلورة مايسمى بالجلوتين Glutin الذي يوجد مختلطا مع النشا في أندوسبرم حبوب القمح. وتتراوح نسبة البروتين في حبوب الشعير والقمح بين ١٠ ـ ١٥٪ من الوزن الجاف، والشوفان ٤ـ١٤٪ والقطن حوالى ٢٠٪ وفول الصويا حوالى ٤٥٪.

٤ ـ الزيوت والدهـــون Oils and Fats

تتوزع الزيوت والدهون في جسم النبات وربما توجد في سيتوبلازم جميع خلايا النبات الحية، في صورة قطرات متفرقة في فجوات تسمى فجوات الزيت Oil vacuoles لاتصل الى حجم الفجوات العصارية .

ويخزن الزيت في اندوسبرم بعض البذور مثل الخروع والكتان أو في جنينها مثل القطن والخـروع وفول الصويا والقرطم Carthamus tinctorius. مثل هذه البذور تحتوى عادة على مقـادير ضئيلة من المـواد الكربوهيدراتية، وأحيانا يخزن الزيت في لحم الثمار مثل الزيتون .Olea spp.

وتخزن الدهون في بعض البذور مثل بذور نبات الكاكاو Theobroma cacao وجوز الهند Cocos nucifera وفي البذور والغلاف اللحمى لثمار نخيل الزيت Elaeis. guineensis .

وتتماثل الزيوت والدهون في تركيبها الكيماوى، غير أن الأولى تكون سائلة في درجات الحرارة العادية بينما الدهون جامدة أو شبه جامدة. وتتكون الدهون والزيوت بواسطة بلاستيدات الزيت أو بواسطة الأجسام الكروية. وتتميز الزيوت بارتفاع نسبة الأحماض الدهنية غير المشبعة مثل حامض الأولييك Oleic acid وحامض لينيولينيك Linolenic acid أمـا الدهون فانها تحتوى على نسبة مرتفعة من أحماض دهنية مشبعة مثل حامض البـالمتيك Palmitic acid وأستياريك Stearic acid. ومن الـزيوت الهامة في البذور زيت بذرة القـطن Cotton seed oil والكتـان Lin seed oil وفـول الصـويا Soyabean وتبـاع الشمس Sunflower seed oil وزيت ثمار الزيتون Olive oil. هذه الزيوت تعرف بالزيوت الثابتة Fixed oils. ومن الدهون المعروفة زيت جوز الهند Coconut oil والكاكاو Cocoa butter ونخيل الزيت Palm oil.

وتعتـبر الـدهون والزيوت، بالنسبة للنبات، مواد قيمة لأدخار الطاقة، وينتج عن أكسدتهـا كمية من الطاقة تعادل $2\frac{1}{4}$ قدر مـا تنتجه الكربوهيدرات. ولايلجأ النبـات الى الاستفادة من الدهون أو الزيوت كمصدر للطاقة الا عند نقص المواد الكربوهيدراتية المخزونة. أو في أحوال خاصة.

ويتكون بالنبات زيوت أخرى تسمى الزيوت الأساسية Essential oils أو الطيارة Volatile تتميز برائحتها القوية وتطايرها عند تعرضها للهواء.

وتوجد هذه الزيوت في بتلات الأزهار لكثير من النباتات والبراعم الزهرية مثل الورد .Rosa spp والياسمـين، Jasminum وبعض الثمار مثل الينسون Pimpinellan anisum

والكراوية Carum carvi والريزومات مثل الزنجبيل Zingiber officinale وعود الريح Acorus calamus وفي خشب بعض الأشجار مثل شجرة الصندل Santalum album والقلف Bark مثل نبات القرفة Cinnamomum والأوراق مثل الكافور Eucalyptus والنعناع Mentha sp.

وتتكون الزيوت الطيارة في غدد افرازية خاصة كما تتكون أيضا في شعور غدية Glandular hairs كما في أوراق اللافندر Lavendula vera. أحيانا تتكسر الخلايا الحاوية للزيت ويتجمع الزيت في تجاويف على هيئة قطرات كبيرة. تساعد هذه الزيوت في اجتذاب الحشرات لتلقيح الأزهار، كما تساعد في تقليل النتح ووقاية النبات من الطفيليات.

الكيوتين والسوبرين Cutin and suberin

يمثل الكيوتين Cutin والسوبرين Suberin مواد شبيهة بالدهون. وفي مغطاة البذور، تتكون طبقة تسمى الأدمة Cuticle من مادة الكيوتين فوق سطوح الجدر الخارجية لخلايا بشرة الأعضاء الهوائية. وعملية تشرب جدر الخلايا بمادة الكيوتين تسمى التكوتن Cutinization. والكيوتين مادة شبه محبة للماء، ويؤكد هذه الصفة عملية النتح الأديمى Cuticular transpiration وكذلك قابلية الأدمة لانفاذ محاليل المواد التي ترش بها النباتات.

تتميز خلايا الفلين والأندودرمس Endodermis في الجذر باحتوائها على مادة السوبرين. وعملية تشرب الجدر الخلوية بمادة السوبرين تسمى التسوبر Suberization. ويمنع السوبرين مرور الماء أو السوائل من خلال الجدر الخلوية.

الشموع النباتية Vegetable waxes

وهي مواد تشبه الدهون أيضا في تركيبها، وهى أكثر صلابة منها. تترسب الشموع على سطوح أوراق أوسيقان أو ثمار بعض النباتات في صورة حبيبات أو طبقات أو قضبان ذات نهايات خطافية. ويعتبر شمع كارنوبا Carnauba wax أكثر الشموع قيمة من الناحية الاقتصادية، ويترسب في صورة طبقات على سطوح أوراق نخيل الشمع البرازيلى Copernicia cerifera. وقد يصل سمك طبقة الشمع على سطوح الأوراق في هذا النبات الى حوالى ٥ ملليمترات. يحصل على الشمع أيضا من على سطوح ثمار شجرة الشمع Myrica cerifera حيث يترسب عليها في صورة طبقات تفرزها شعور غدية.

اللبن النباتي Latex

وهو سائل لزج نوعا، غروى، متنوع في لونه، يوجد في تراكيب خلوية متخصصة في هيئة خلايا أو انابيب تسمى تراكيب اللبن النباتى Laticifers. وعادة، يكون اللبن

النباتي أبيض اللون كما في جنس الخشخاش Papaver Somniferum وجنس هيفيا Hevea. وقد يكون اللبن النباتي بني مصفر كما في القنب Cannabis sativa أو أحمر كما في عرق الدم Sunguinaria. يتنوع تركيب اللبن النباتي تبعا لنوع النبات، وبصفة عامة يحتوى على مواد ذائبة أو صلبة أو في حالة غروية. ومن هذه المواد السكريات وحبيبات النشا والزيوت وأشباه القلويات والبروتينات والكاوتشوك Cautchouc والراتنجات والصموغ والانزيمات. حبيبات النشا الموجودة في اللبن النباتي تكون دمبلية الشكل عادة. واللبن النباتي في الأشجار المنتجة للمطاط يتميز باحتوائه على نسبة مرتفعة من الكاوتشوك قد تصل الى حوالى ٥٠٪.

وتوجد بضعة آلاف من أنواع النباتات يحتوى اللبن النباتي فيها على الكاوتشوك، أهمها الأنواع المنتجة للمطاط مثل مطاط هيفيا Hevea braziliensis ـ والذي تصل نسبة الكاوتشوك فيه الى حوالى ٤٠ـ٥٠٪ وينتج منه حوالى ٢٥٪ من المطاط المستهلك في العالم ـ وغيرها عدد من أشجار المناطق الحارة والمعتدلة مثل Taraxacum ومطاط بنما Costelia elastica، وهى شجرة ضخمة يصل ارتفاعها الى حوالى ١٠٠ قدم. وتوجد منتجات أخرى ذات أهمية اقتصادية يحصل عليها من اللبن النباتي، فمثلا يحصل على مادة Chi-cle المستخدمة في صناعة اللادن من اللبن النباتي لشجرة Achras zapota والمورفين Morphine من اللبن النباتي لثمار الخشخاش Papaver Somniferum وانزيم البابايين Papaine من اللبن النباتي لثمار البابااظ Carica papaya ومن الخس على عقار يسمى Lactocarium.

ويوجد الكاوتشوك في صورة حبيبات ميكروسكوبية قطرها يتراوح بين ١ر ـ ٥٠ ميكرون عالقة في اللبن النباتي. ويتكون اللبن النباتي في خلايا متخصصة أو أنابيب أو أوعية في جسم النبات، والخلايا حية ذات جدر رقيقة خالية من اللجنين وغير منتظمة السمك، تكون ممتلئة باللبن النباتي، ولايوجد حد فاصل بين السيتوبلازم والفجوة العصارية، تترتب في صفوف طولية بجسم النبات. والأنابيب Laticifer tubes اما متفرعة أو غير متفرعة. الأنابيب المتفرعة يتكون عنها جهازا من أنابيب متفرعة، سيتوبلازمها عديد الأنوية دون تكوين جدر فاصلة كما في نبات الشولة البيضاء Reasonifera euphorbia. أما الأنابيب غير المتفرعة فتكون طويلة غير متفرعة ولاتوجد حواجز عرضية بين الأنوية العديدة التي يحتويها السيتوبلازم، وتكون ممتدة في الساق الى مسافة ليست قصيرة. ووعاء اللبن النباتي Latex vessel عبارة عن سلسلة طويلة من خلايا متطاولة تلاشت الجدر العرضية التي تفصل بينها. وعادة تتصل هذه الأوعية ببعضها عرضيا عن طريق وصلات خلوية تمتص الجدر الفاصلة بين خلاياها فيصبح

سيتوبلازمها عديد الأنوية، متصل بسيتوبلازم الوعاء. وأحيانا توجد أنابيب اللبن النباتي والخلايا في نفس النبات. واللبن النباتي يشفي جروح النبات ويحميه من مهاجمة الحيوانات.

الراتنجات Resins

الراتنجات مواد معقدة التركيب، غير متبلورة تكون عادة صلبة هشة وأحيانا طرية نوعا، وهي برتقالية اللون، بنية، أو سوداء، وتحترق مكونة لهبا مدخنا. ولاتذوب الراتنجات في الماء، وانما تذوب بدرجة قليلة أو كبيرة في الكحول والأيثير والكلوروفورم. عند الغليان مع القلويات، يتكون عن الراتنجات صابون يسمى الصابون الراتنجي.

معظم الراتنجات الطبيعية تنتج عن خلايا افرازية توجد مطمورة في نسيج داخلي. قد تكون الخلايا مفردة كما في ريزومات نبات الزنجبيل Zingiber officinale أو متجمعة في غدد داخلية كما في القرنفل العطرى Euginia aromatica أو في قنوات كما في ثمار العائلة الخيمية Apiaceae.

والغدة Gland عبارة عن تجويف بيضاوى الشكل ينشأ نتيجة لانفصال مجموعة من الخلايا البارنكيمية عن بعضها، فتنشأ مسافة بينية تزداد اتساعا بانقسام الخلايا المحيطة، وتصبح محاطة بطبقة أو أكثر من خلايا طلائية Epithelial cells تقوم بافراز الراتنج الذي يتسرب منها الى تجويف الغدة حيث يخزن فيها. والقنوات الراتنجية Resin ducts تكون مستديرة أيضا في القطاع العرضى ومحاطة بطبقة من خلايا افرازية رقيقة الجدر. والقناة تكون أنبوبية الشكل، وتحاط الخلايا الافرازية بنطاق واق من خلايا اسكلرنكيمية.

وقد تتكون الراتنجات نتيجة لجروح تحدث في النبات، حيث تتراكم على سطح الجرح مكونة طبقة واقية. أحيانا تصبح خلايا نسيج معين ممتلئة بالراتنجات كما في خشب نبات عود الأنبياء Guaiacum. وقد تنتج الراتنجات من شعيرات غدية خارجية كما في نبات القنب الهندى Cannabis sativa.

وتمثل المصطكى Mastic راتنج طبيعى يحصل عليه من شجرة المصطكى Pistacia lentiscus واللبان الذكر Frankinsense يحصل عليه من شجرة اللبان الذكر Boswellia carterii.

الدباغ Tannins

وهي مواد عضوية معقدة التركيب، غير متبلورة، صفراء اللون أو حمراء أو بنية، ذات طعم قابض، واسعة الأنتشار في النباتات مغطاة البذور، فلا يخلو منها أى نسيج في

جسم النبات، حتى في الأنسجة المرستيمية. ويكثر وجود الدباغ في جدر الخلايا، كما توجد في العصير الخلوى والسيتوبلازم، وعموما يختلف وجودها تبعا لنوع النبات.

وتكثر الدباغ في النسيج المتوسط لأوراق بعض النباتات مثل الشاى Camellia (حوالى ١٥٪ من الوزن الجاف)، وتنتج تجاريا من عدد قليل من النباتات مثل أوراق سماق الدباغ Rhus coriaria وقلف شجرة البلوط الكستنائى Quercus suber حيث قد يصل مقدارها فيه الى حوالى ٤٠٪ من الوزن الجاف.

تشاهد الدباغ في خلايا مفردة مبعثرة في نسيج ما أوفى أوعية كبيرة تسمى أكياس الدباغ أو في صورة كتل مختلفة الحجم. يعتقد أن الدباغ تحمى البروتوبلاست من الجفاف أو الانحلال، وتحافظ على تجانس السيتوبلازم، وتقى النبات من تطفل الحيوانات وتساعد في التئام جروحه.

ويستفاد من الدباغ تجاريا في صناعة دبغ الجلود، حيث تتفاعل من جيلاتين جلد الحيوان، كالماشية، لتكوين مادة قوية متماسكة غير ذائبة. وتتفاعل الدباغ مع أملاح الحديد لتكوين مادة سوداء تستخدم في صناعة حبر الكتابة، كما يستفاد منها في نواحى طبية خاصة.

الانزيمات Enzymes

تعتبر الانزيمات من أهم محتويات الخلية، يتركب كل منها من جزىء، بروتينى وآخر غير بروتينى تختلف تركيبه تبعا لاختلاف عمل الانزيم، ويلعب دورا هاما في تنشيط الانزيمات. والانزيمات هي العوامل المساعدة العضوية التي تيسر التفاعلات الفسيولوجية المختلفة في جسم النبات.

والانزيمات نوعية التخصص، فكل انزيم لايتفاعل الا مع مواد معينة، فمثلا، الانزيم الذي يدخل في تحليل النشا لايمكن أن يتدخل في تحليل السليلوز. وتحتوى الخلية الحية على حوالى ٥٠٠ مليون من جزيئات الانزيمات وهى ليست حية وانما تصنعها الريبوزومات. تعمل الانزيمات داخل الخلايا الحية، ويمكن استخلاصها من الأنسجة النباتية للاستفادة منها في تبسيط تفاعلات معينة خارج جسم النبات مثل انزيم الدياستيز Diastases.

أشباه القلويدات Alkaloids

وهي مركبات نيتروجينية، طعمها مر، وذات تأثير سام، عديمة الرائحة، تتميز بأهميتها القصوى في عالم الطب. من أهم أشباه القلويات المعروفة: الكينين Quininc ويستخرج من قلف أشجار نبات الكينا Cinchona وستريكينين Strychinine ويحصل

عليه من بذور شجرة الجوز المقيء Strychnos nux vomica والمورفين Morphine من ثمار الخشخاش Papaver somniferm والكافيين من بذور البن Coffea arabica والبابين Papin من ثمار نبات البابابظ Carica papaya.

البلـــورات Crystals

البلورات هى نفـايات عن عمليات التحول الغذائى في النبات، توجد مترسبة في خلايا كثير من النباتات على هيئة بلورات تتنوع أشكالها وأحجامها وتركيبها الكيماوى. قد تحتوى جميع أجزاء النبات على بلورات، غير أنها تكثر في بعض المناطق مثل النخاع والقشرة واللحاء والخشب. توجد البللورات في سيتوبلازم الخلية أو الفجوة العصارية، أو في تجاويف الخلايا غير الحية. وأحيانا توجد في جدر الخلايا أو معلقة في وسط الخلية على بروزات من الجدار.

وتكون البلورات صغيرة أو كبيرة لدرجة تملىء حيز الخلية الحاوية لها، وقد تغير من شكلها. عادة يوجد نوع واحد من البلورات في الخلية. قد تكون البلورات فرادى أو في مجموعات من عدد منها.

وتتركب معظم البلورات من مواد غير عضوية، وأكثرها شيوعا أملاح الكالسيوم مثل اكسالات الكالسيوم التي توجد في نباتات معظم العائلات. وبلورات السيلكا التي يكثر وجودها في جدر خلايا نباتات العائلة النجيلية في السيقان والأوراق. وهناك بلورات من مواد عضوية مثل الكاروتين والسابونين.

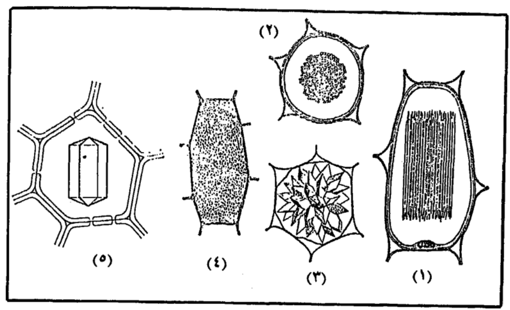
(١) بلورات أكسالات الكالسيوم

وهي أكثر البلورات شيوعا في النبات، تنشأ داخل الفجوة العصارية للخلية وتزداد في الحجم لدرجة تشغل معظم فراغ الخلية. قد توجد هذه البلورات بحالة فردية في الخلية كما في الاتـل Tamarix وقلف شجرة الجراد Robinia. وقد تكون هذه البلورات صغيرة جدا وبـأعـداد كبيرة فتشبه حبيبات الرمل. وتستخدم مصطلحات معينة يعبر بها عن الصور التي توجد عليها البلورات:

أ - *البلورات الأبرية* Acicula Crystals "Raphide"

وهي بلورات رفيعـة، طويلة ذات أطـراف مدببـة، توجـد متجمعة في حزم، أكبر بلوراتها الوسطى. والخلايا الحاوية لهذه البلورات تكون بارنكيمية، رقيقة الجدر، ذات مواد مخاطية كما في البارنكيما الاختزانية للسيقان الأرضية وأنسجة النباتات المائية.

هذه البلورات توجـد أيضـا في ذوات الفلقـة الـواحدة كما في الدراسينا Dracaena وأعناق أوراق نباتات العائلة القلقاسية Araceae والحميض Rumex (شكل ٤٧).



(شكل ٤٧) : يوضح أشكال بلورات اكسالات الكالسيوم.
(١ ، ٢) بلورات أبرية . (٣) بلورات نجمية . (٤) بلورات سليكا . (٥) بلورات منشورية .

ب - *البلورات المنشورية* Prismatic Crystals

وهي بلورات منشورية الشكل (شكل ٤٧)، كثيرا توجد بحالة فردية في الخلية كما في الاتل Tamarix. وأحيانا تحاط البلورة بغلاف سليلوزى يلتحم كليا أو جزئيا مع جدار الخلية .

جـ - *البلورات النجمية* Rosette Crystals "Droses"

وهي بلورات متشععة ، كثيرة النتوءات أحيانا ، يحتوى الجزء الأوسط منها على مادة عضوية . والبلورة الناضجة تحاط بغلاف سليلوزى يصلها بجدار الخلية الحاوية لها .

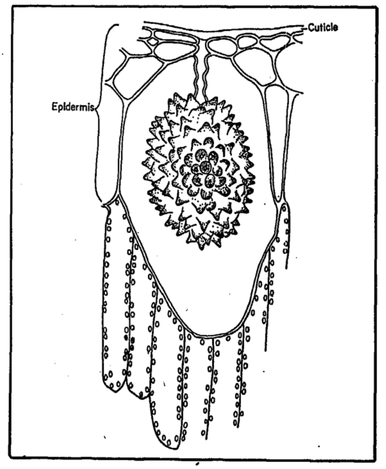
وعادة تنشأ هذه البلورات من تجمع عدة بلورات صغيرة متقاربة في الطول ، (شكل ٤٧)، تترتب حول مركز واحد وتشتق منه ، وبذلك يظهر محيطها مسننا . وتكثر هذه البلورات في ساق نبات العنب Vitis والتين الشوكى Opuntia وأوراق نبات الدفلة Nerium والكافور Eucalyptus.

(٢) بلورات كربونات الكالسيوم

أحيانا توجد كربونات الكالسيوم في صورة بلورات ذات شكل محدد ، يعرف أشهر تراكيبها باسم الحويصلة الحجرية Cystolith وهى عبارة عن تركيب بلورى يوجد في خلايا الطبقة الخارجية للبشرة المتضاعفة Multiple Epidermis لعدد قليل من العائلات

النباتية مثل التوتية Moraceae كما في التين المطاط Ficus elastica وتوجد أيضا في العائلة الحريقية Urticaceae كما في شعيرات البشرة لنبات حشيشة الدينار Humulus lupulus والعائلة القرعية Cucurbitaceae كما في جنس Mimordica.

وتتميز الخلية التي تنشأ فيها الحويصلة الحجرية بسيتوبلازم كثيف ونواة كبيرة. تزداد هذه الخلية في الحجم وتتسع لدرجة كبيرة يجعلها تمتد حتى النسيج المتوسط في الورقة. ويتدلى من الجدار الخارجى عنق طويل سليلوزى تترسب عليه بلورات من كربونات الكالسيوم، تكبر وتتجمع حتى تصبح في صورة عنقود العنب وتشغل معظم فراغ الخلية (شكل ٤٨). والجزء القمى من العنق بجوار الجدار يكون خال من البلورات. عادة تختلف شكل الحويصلة الحجرية باختلاف الجنس والعائلة. وكثيرا تحتوى الخلية الحويصلة Lithocyst وهى الخلية المحتوية على الحويصلة الحجرية على بروتوبلاست.

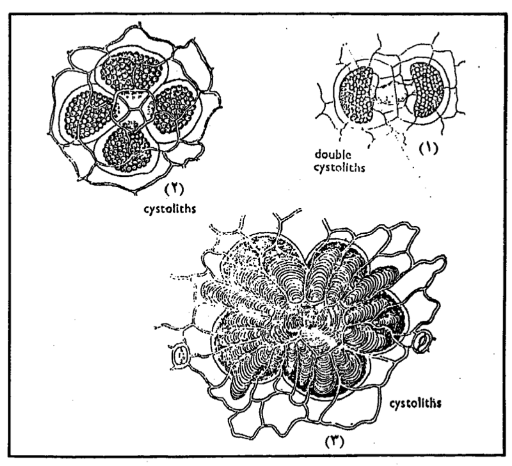


(شكل ٤٨): قطاع عرضى في نصل ورقة نبات التين المطاط بوضع البشرة المتضاعفة، حيث تكون في احدى خلاياها الخارجية حويصلة حجرية. لاحظ خلايا النسيج العمادى والتي تحتوى على بلاستيدات خضراء.

وفي العائلة القرعية Cucurbitaceae توجد الحويصلات الحجرية في كثير من الأجناس (شكل ٤٩). وقد توجد بلورة واحدة في كل من خليتين متجاورتين، وعنق كل بلورة يخرج من الجدار المشترك للخليتين. وقد توجد تجمعات بلورية في عدد من الخلايا المتجاورة كما في جنس Mimordica.

مركبات أخرى هامة

على الرغم من أن الكربوهيدرات والبروتينات والزيوت والدهون وغيرها تؤلف جزءا كبيرا من المحتويات غير الحية في الخلية، فإنه توجد مواد أخرى بكميات قليلة في الخلية مثل الفيتامينات والكلوروفيلات والكاروتينات وغيرها، ولا مجال لدراستها في هذا المؤلف.



(شكل ٤٩): حويصلات حجرية في أنواع مختلفة من جنس بلسان من العائلة القرعية (١) زوج من الحويصلات، (٢، ٣) تجمع من الحويصلات.

الفصل التاسع

جدار الخليـــة THE CELL WALL

- منشأ وتكوين جدار الخلية
- تركيب جدار الخلية
  - التركيب الكيماوى للجدار
  - التركيب الدقيق للجدار
- نمو الجدار الخلوى
- المسافات البينية
- النقـــــر
- ترتيب النقر في جدر الخلايا
- الروابط البلازمية

الفصل التاسع

جدار الخليــــة

THE CELL WALL

يعتبر جدار الخلية من أهم الصفات التي تتميز بها الخلية النباتية عن الحيوانية، ومع هذا فقليل جدا من خلايا مغطاه البذور يكون عديم الجدر مثل الخلايا التناسلية. ويقوم سيتوبلازم الخلية بتكوين هذا الجدار ليحيط به ويحميه. من الوظائف الرئيسية للجدر الخلوية مايأتى:

١ ـــ يحيط بالبروتوبلاست ويحميه، ويحدد شكل الخلية ووظيفتها.

٢ ـــ يتكـون عن الجـدر الخلوية هيكـلا مترابـطا بجسم النبات يحفظ الشكل العام للنبات وأعضائه.

٣ ـــ الوحدات الناقلة للماء عبارة عن جدر خلوية، كما أن الألياف التي تدعم جسم النبات هى أيضا جدر خلوية فقدت خلاياها محتوياتها الداخلية.

٤ ـــ تقـوم جـدر بعـض الخـلايـا بـدور هـام فـي عمـليـة الامـتـصـاص ونـقـل الذائبـات وانفتـاح الثغــور.

وتتميز الجدر الخلوية بمرونة ومتانة تمكنها من مقاومة الشد والالتواء والضغط الذي تتعـرض له دون أن تتكسر. ومعـظم الجدر الخلوية مستقيمة وبعضها معرج والبعض الآخر مطوى جانبيا، وتختلف الجدر الخلوية في تركيبها وسمكها، وهى عادة مسامية ولها القدرة على تشرب الماء. حينما ينشأ الجدار الخلوى يكون في أول الأمر رقيقا ثم يزداد في السمك والاتساع خلال مراحل نمو الخلية نتيجة لبناء طبقات جديدة عن مواد جدارية تتكون من البروتوبلازم. عادة ينظر الى الجدار الخلوى بأنه تركيب غير حى، ومع هذا، فان البعض يرى أنه تركيب حى قادر على النمو المستقل، رغم أنه ينمو فقط إذا جاوره البروتوبلازم الحى.

منشأ وتكوين جدار الخليـــة

تتكون الخلايا الجديدة نتيجة لعملية الانقسام الخلوى Cell division. هذا الانقسام لايحدث في جميع أجزاء النبات، وانما يكون مركزا بصفة أساسية في مناطق محددة تسمى المرستيمات Meristems.

عملية الانقســام الخلوى غير المباشر Mitosis التي تحدث في الخلية المرستيمية ينتج عنها خليتان شقيقتان كل منهما يشبه الخلية الأم. تتم هذه العملية على مرحلتين، الأولى تسمى انقسام النواة Karyokinesis والثانية تسمى انقسام السيتوبلازم Cytokinesis.

وانقسام النواة عملية معقدة تتضمن تجزؤ الشبكة النووية الى الكروموسومات المكونة لها والتي يكـون كل منهـا مزدوجـا مكـونا من نصفين طوليين متماثلين يسمى كل منهما كروماتيد Chromatid كما يتكسر الغلاف النووى ويتلاشى، كما تتحطم النوية Nuc-leolus وتختفى. والكـرومـاتيدان الشقيقـان، يكـونـان متجاوران على طول امتدادهما ويرتبـطان معا في منطقة تسمى السنترومير Centromere توجد عند أى جزء من جسم الكروموسوم، غير أن السنترومير بالنسبة للكروموسوم موقعه يكون ثابتا. والسنترومير هو المسئول عن انتقال الكروموسومات في سيتوبلازم الخلية.

مع بداية الـطور الثاني من انقســام النواة، ينشأ تركيب يشبه كـرة متطاولة، مغزلى الشكـل أو برميلى، يسمى المغـزل النووى Nuclear spindle يتركب من أنيبيات دقيقة بروتينية التركيب، بعضها يمتد بين قطبى المغزل بينما البعض الآخر يمتد من كل من القطبين حتى منطقة وسط المغزل فقط. هذه الأخيرة يمكن اعتبارها نصف ألياف المغزل Half-Spindle fibers. وخلال هذا الطور أيضا تتحرك الكروموسومات الى وسط المغزل وتلتصق، بواسطة السنترومير، بنصف ألياف المغزل أى الممتدة بين أحد قطبى المغزل حتى وسطه.

خلال الـطور الثـالث Anaphase يستكمـل السنـترومير انقسامه الى سنترومين شقيقـين، وبـذلـك ينفصل كل كروماتيدان شقيقان، يمتد بعضهما ويصبح كل منهما كروموسوما مستقلا. تأخذ كل من مجموعتى الكروموسومات في التحرك نحو أحد قطبى المغـزل نتيجـة لتقلص الألياف المتصلة بها. وتتـوقف هذه الحـركـة حينـما تصـل الكروموسومات الشقيقة الى قطب المغزل.

خلال الطور النهائى لانقسام النواة Telophase ينشأ غلاف نووى جديد حول كل من مجمـوعتى الكـروموسومات، كما تنشأ أيضـا النوية، وبذلك تتكـون نواتـان مـن النـواة الأم.

في الغالبية العظمى من النباتات، يبدأ انقسام السيتوبلازم بعد أن يتم تكوين النواتان الشقيقتان، وذلك بتكوين غشاء يسمى الصفيحة الخلوية Cell plate ، لاتلبث أن تتحول الى صفيحة وسطى Middle lamellae. وتنشأ الصفيحة الخلوية في وسط منطقة أستواء المغزل بين النواتين الشقيقتين. في البداية تتجمع أجزاء من الشبكة الاندوبلازمية وعديد من الريبوزومات والأنيبيات الدقيقة Microtubules والميتوكوندريا في منطقة أستواء المغزل. وتظهر أيضا خيوط جديدة من ألياف المعزل تمتد بين النواتين الشقيقتين في وسط الخلية.

وأجزاء الشبكة الاندوبلازمية المتجمعة في منطقة أستواء المغزل تأخذ في التفرع ويتكون عنها وعن ألياف المغزل، الممتدة بين النواتين، تركيب برميلى الشكل يسمى الحجاب الخلوى Phragmoplast. يلعب هذا الحجاب الخلوى دورا هاما في تكوين الصفيحة الخلوية، وينشأ في وسط منطقة ألياف المغزل ويأخذ في الاتساع جانبيا ففي أتجاه الجدر الجانبية للخلية الأم. وفي أثناء ذلك تتجمع أعداد كبيرة من حويصلات دقيقة في وسط منطقة الحجاب الخلوى يتراوح قطرها بين ٢٠٠-٥٠٠ أنجستروم، تمثل أجزاء انفصلت عن حواف الديكتيوسومات تحتوى على مواد يبنى منها جدار الخلية. ويبدو أن هذه الحويصلات تواجدت في هذه المنطقة بتوجيه من الأنيبيات الدقيقة Mic-rotubules

ويؤدى تلاصق حويصلات الديكتيوسومات والتحامها معا على امتداد الخط الأوسط للحجاب الخلوى الى تكوين تركيب غشائى يسمى الصفيحة الخلوية Cell plate ، يبدأ ظهورها في الوسط وتتسع تدريجيا في اتجاه جوانب الخلية حتى تلتحم مع جدر الخلية الأم.

باستكمال الصفيحة الخلوية، يبدأ الحجاب الخلوى في الاختفاء تدريجيا حتى يختفى تماما، وتتركب الصفيحة الخلوية، بصفة أساسية، من مواد بكتينية غروية، وتنشأ من حويصلات الديكتيوسومات وألياف المغزل، في الفراجموبلاست. تنفذ من الصفيحة الخلوية عدة أشرطة سيتوبلازمية غشائية تتكون عنها الروابط البلازمية .Plasmodesmata

عندما يتم تكوين الصفيحة الخلوية، يكون السيتوبلازم قد انقسم الى جزئين متقاربين في الحجم يحتوى كل منهما على نواة، ويصبح كل من السطحين الجديدين للسيتوبلازم غشاءا بلازميا يتصل بالغشاء البلازمى للخلية الأم.

ونتيجة لترسيب المواد البكتينية في الصفيحة الخلوية، وحدوث تغيرات فيها، تتحول هذه الصفيحة الى تركيب جامد يسمى الصفيحة الوسطى Middle lamellae تتركب

أساسا من بكتات الكالسيوم والمغنسيوم وتحتوى على لويفات سليلوزية .

بعد هذه المرحلة، يقوم كل من البروتوبلاستين الجديدين بترسب طبقات أخرى من لويفـات السليلوز والمـواد البكتينية على سطحى الصفيحـة الـوسطى . هذه الطبقات الجديدة تمثل الجدار الابتدائى Primary wall. وعادة لاينشأ الجدار في الخلية المنقسمة في نفس مستوى جدار الخلية المجاورة .

بعد أن تستكمل الخلية الجديدة نموها في الحجم، يقوم البروتوبلاست في كثير من أنواع الخلايا بترسيب طبقات جديدة من لويفات السليلوز ومواد أخرى غير سليلوزية على الجدار الابتدائى يتكون منها معا الجدار الثانوى Secondary wall.

تركيب جدار الخليـــــة

الجدر الخلوية أما أن تكون رقيقة أو سميكة، وهى ذات تركيب معقد (شكل ٥٠)، وتـتركب في كثـير من أنواع الخلايا من النباتات الزهرية من ثلاث طبقات تختلف عن بعضها في تركيبها وصفاتها. هذه الطبقات هي الصفيحة الوسطى، والجدار الابتدائى والجـدار الثانوى. وجميع الخلايا ذات صفيحة وسطى وجدار ابتدائى، غير أن الجدار الثانوى لايوجد الا في أنواع معينة من الخلايا مثل الألياف والقصيبات وعناصر الأوعية .

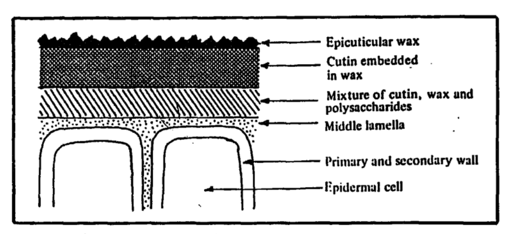
١ ـ الصفيحـة الوسطى Middle Lamellae

وهى المـادة البينية التي تلحم معـا الجـدارين الابتدائيين المتجاورين، ولهذا تؤدى أذابتهـا بالمواد الكيميائية، الى تفكك خلايا الأنسجة. تتركب الصفيحة الوسطى بصفة أساسية من بكتات الكالسيوم والماغنسيوم. وتظهر في حالة غير متبلورة تحت المجهر، والعلاقة بين الصفيحة الوسطى والجدار الابتدائى ليست واضحة تماما، وأن كان يحتمل أن تتشعب الصفيحـة في الجدار الابتدائى الى حد ما مكونة دعامة بينية، وفي الخلايا ذات الجدر الثانوية مثل الألياف والاسكلريدات تتلجنن الصفيحة الوسطى والجداران الابتدائيان المتلاصقان .

٢ ـ الجـدار الابتـدائي Primary Wall

وهـو الجدار الأول الذي يكونه بروتوبلاست الخلية على جانبى الصفيحة الوسطى وهـو عبـارة عن طبقة واحدة تتركب أساسا من السليلوز ويختلط به مقادير متفاوتة من الهيميسليلوزات والمواد البكتينية، يبلغ مقدارها حوالى ٧٫٥٪ من الوزن الحى للجدار. ويمثل الماء جزءا هاما في الجدار الابتدائى قد يصل الى حوالى ٩٠٪ .

والجدار الابتدائى مرن، له القدرة على الزيادة في الرقعة السطحية لكى يتواءم مع



(شكل ٥٠): رسم تخطيطي يوضح تركيب الأدمة والجدر الخلوية كما تظهر في قطاع عرضي في ورقة.

نمو الخلية اليافعة حتى مراحل النضج ، وقد يزداد أيضا في السمك بدرجة ملحوظة . أحيانـا يقـوم بروتـوبـلاست الخلية بترسيب مواد مختلفـة على الجـدار الابتـدائي مثل السـوبرين والكيوتين. وتنتشر بالجدار الابتدائي مناطق رقيقة تسمى الرقعات النقرية الابتدائية Primary Pit fields يمتد خلالها تجمعات من روابط بلازمية Plasmodesmata. والجـدار الابتـدائي يكـون رقيقـا في الخلايا المرستيمية والبارنكيمية ، يتراوح بين ١-٣ ميكرون في السمك ، وأحيانا يكون سميكا كما في الخلايا الكولنكيمية وخلايا اندوسبرم بعض البذور مثل البصل ونخيل البلح . واذا كان الجدار الابتدائي سميكا فانه يكون في صورة طبقات متتالية . وبصفة عامة ، يقترن وجود هذا الجدار بالخلايا الحية .

كما يتميز الجـدار الابتـدائي بمـرونة وقدرة على الاتساع ، فأنه يتميز أيضا بامكان حدوث تغـيرات عكسية فيه من ناحية السمك . هذه الصفة تمثل أحدى العوامل التي تجعل كثير من الخلايا البالغة تعاود النمو أو الانقسام عندما تكون مهيأة لذلك . ومواد الجـدار الابتـدائي لاتبقى طوال حياه الخلية بدون تغيير ، بل تهدم وتحل مواد أخرى جديدة محلها ، الأمر الذي يؤدى الى أستبدال مادة جدار الخلية الحية عدة مرات في فترة حياتها .

والمرونـة العـالية التي يتميز بها الجـدار الابتدائي ترجع الى أحتوائه على كمية من السليلوز غير المتبلور ، والى المسام الشعرية الدقيقة التي تكون ممتلئة بالمركبات البكتينية المحبة للماء .

ويوصـف الجـدار الابتـدائي بأنـه فعال ضوئيا Anisotropic ولهذا يسهل مشاهدته بواسـطة المجهر ، أما الصفيحة الوسطى فإنها غير فعالة ضوئيا Isotropic ولهذا يصعب

رؤيتها بواسطة المجهر .

٣ ـ الجدار الثانوى Secondary Wall

عندما تبلغ بعض أنواع الخلايا حجمها النهائى ويتحدد شكلها، أى بعد توقف الجدار الابتدائي عن الزيادة في الرقعة السطحية، يقوم البروتوبلاست بترسيب جدار آخر على السطح الداخلى للجدار الإبتدائى ، يعرف بالجدار الثانوى. غالبا يقترن وجود الجدار الثانوى بالخلايا التي فقدت بروتوبلاستها عند النضج، مثل القصيبات Tracheids وعناصر الأوعية Vessel elements وألياف اللحاء Phloem fibers.

والجدار الثانوى أكثر سمكا من الابتدائى ، يتراوح بين ٥ ـ ١٠ ميكرون في السمك، وهو جامد وصلب، لايزداد في الرقعة السطحية . وترجع صلابة هذا الجدار لاحتوائه على كميات كبيرة من السليلوز المتبلور. وهذا الجدار زائد التعقيد، غير متجانس التركيب، فهو يتركب من ثلاث طبقات غالبا، الطبقتان الخارجية والداخلية تكونان عادة رقيقتان ، بينما الوسطى سميكة . وقد يتركب الجدار الثانوى من عدة طبقات كما في ألياف نبات البامبو Bamboo حيث يتركب من ٧ ـ ٨ طبقات .

يمثل السليلوز المادة الأساسية للجدار الثانوى غير أن الهيميسليلوزات تكون نسبيا أقل مما هى عليه في الجدار الابتدائى . ويترسب في الفراغات الدقيقة في الجدار الثانوي مواد غير سليلوزية مثل الكيوتين واللجنين والسوبرين . والسليلوز واللجنين يكونان متداخلان معا باحكام، وأى من المادتين يمكن اذابتها تاركا الهيكل المتكون من المادة الأخرى. والطبقة الداخلية من الجدار الثانوى تكون عادة غير ملجننة . والجدار الثانوى فعال ضوئيا . وقليلا يكسو الجدار الثانوى جميع سطح الجدار الابتدائى . وفي العناصر الوعائية للخشب يكون الجدار الثانوى غير كامل اما في صورة حلقات منفصلة، أو أشرطة حلزونية، أو قضبان وغيرها، وفي جميع الحالات، تترك مناطق أغشية النقر بدون تغليظ.

التركيب الكيماوى لجدار الخلية Chemical Structure of Cell Walls

الجدار الخلوى معقد التركيب، وتختلف الجدر الخلوية في تركيبها وشكلها تبعا لنوع الخلية وتخصصها . والسليلوز Cellulose هو المادة الأساسية في تركيب الجدر الخلوية في مغطاة البذور . والسليلوز يكسب الجدر الخلوية متانتها الفعلية ضد الشد.

تتركب الصفيحة الوسطى Middle lamellae أساسيا من مواد بكتينية، وخليط من بكتات الكالسيوم والمغنسيوم . والجدار الابتدائى يتركب بصفة أساسية من السليلوز، ويحتوى على مقادير مختلفة من الهيميسليلوزات والمواد البكتينية التي يبلغ مقدارها حوالى

٥ر٧٪ من الوزن الحى للجدار.

السليلوز يمثل الهيكل الرئيسى أيضا للجدر الثانوية ويشترك معه مقادير متفاوتة من اللجنين أو الكيوتين. ويعتبر اللجنين Lignin مكونا رئيسيا في جدر عناصر الخشب الوعائية الناقلة للماء، وأهم المواد التي توجد متداخلة مع السليلوز فيها. قد يصل مقدار اللجنين في هذه العناصر الى حوالى ٣٠٪ من وزن الجدار. ويوجد اللجنين في جدر خلايا الألياف، وخلايا الفلين. ويبدأ ترسيب اللجنين في الصفيحة الوسطى عند انتهاء فترة نمو الخلية، ثم في الجدار الابتدائى ويليها الجدار الثانوى.

ويترسب اللجنين في المسام الشعرية الدقيقة بين جزيئات السليلوز في صورة تركيب شبكى. والصفيحة الوسطى في الجدر الخلوية المحتوية على لجنين تكون هى أكثر أجزاء الجدار احتواء على تلك المادة. والجدر الملجننة تتشرب الماء وتحتفظ بكمية قليلة منه.

واللجنين مادة فينولية عضوية جامدة، ذات محتوى عال من الكربون، معقدة التركيب، غير متبلورة. ويؤدى وجود اللجنين في جدر الخلايا الى زيادة متانتها وصلابتها، وقدرتها على مقاومة الضغوط التي تتعرض لها ويحمى لويفات السليلوز من التجعد أو التمزق. وعملية ترسيب اللجنين في جدر الخلايا تسمى التلجنن Lignification وتبدأ في الصفيحة الوسطى وتمتد الى الجدار الابتدائى ثم الثانوى.

والكيوتين Cutin يوجد مرتبطا مع السليلوز في الجدر الخارجية لخلايا بشرة أعضاء النبات الهوائية، مثل الأوراق والسيقان الغضة والثمار، وفي حراشيف البراعم. وترسيب الكيوتين في الجدر الخلوية يسمى التكوتن Cutinization. وعادة، الكيوتين يتكون عنه طبقة خارجية على الجدر الخارجية لخلايا بشرة الأعضاء الهوائية تسمى الأدمة Cuticle. والوظيفة الرئيسية للأدمة تتركز في تقليل فقد الماء من الأنسجة الداخلية، وربما تقى طبقات القشرة التي تقع تحت البشرة من العوامل البيئية.

والأدمة تتركب بصفة عامة من طبقة خارجية من الشمع والذي يكون كثيرا متبلورا في صور مختلفة. يلى هذه الطبقة السطحية أخرى من كيوتين مطمور في الشمع. والطبقة الداخلية من الأدمة تتركب من مخلوط من الكيوتين والشمع وسكريات عديدة وربما كميات ضئيلة من البروتين. وفي بعض الأحيان يزداد سمك الأدمة بدرجة كبيرة وتبعد قليلا عن سطح خلية البشرة وتتصل بجدار الخلية بواسطة نتواءات كيوتينية رقيقة. ويترسب الكيوتين أيضا في صور طبقة رقيقة تغلف جدر خلايا النسيج المتوسط للورقة التي تواجه الفراغات الهوائية للثغور. تعتبر هذه الطبقة الأخيرة امتدادا لطبقة الأدمة التي توجد على البشرة.

في بعض النباتات، تتكون ترسيبات من الشمع على سطح أدمة بعض الأعضاء

الهوائية مثل الأوراق والثمار والسيقان . هذه الترسيبات الشمعية تكون في صورة حبيبات متجمعة أو قضبان أو طبقات . أحيانا يكون هذا الشمع ذات قيمة اقتصادية مثل شمع كارنوبا Carnauba wax الذي يوجد في صورة طبقات على سطوح الأوراق الصغيرة لنبات نخيل الشمع البرازيلي Copernicia cerifera. تتميز ثمار شجرة Myrica cerifera بترسيب الشمع في طبقات تفرزها شعور غدية على سطح الثمرة .

والسوبرين Suberin يشبه الكيوتين لدرجة كبيرة في كثير من صفاته . يوجد السوبرين مرتبـطا مع السليلوز في جدر خلايا ا لفلين، والانـدودرمس Endodermis وكـذلـك الاكسودرمس Exodermis في الجذر.

الجـدر المسوبرة Suberized walls غير منفذة للماء والغازات ، وحينما توجد في وضع خارجي بجسم النبات فانها تفيد في تقليل النتج . وعملية ترسيب السوبرين في الجدر الخلوية تسمى التسوبر Suberization.

يوجد الدباغ Tannin في جدر خلايا بعض الأنسجة مثل الخشب الصميمي Heart wood والفلين Cark وفي قصرة بعض البذور . وخشب شجرة القصطل Castanea de-ntata يحتوى على حوالى ٣٠-٤٠٪ دباغ ، وهى المسئولة عن تحول الخشب العصيرى Sap wood الى صميمى Heart wood.

وتحتـوى الجـدر الخلوية أحيانـا على مواد مخاطية كما في الجـدر الخـارجية لكثير من النبـاتـات المائية ، وفي الجدر الخارجية لقصرة بذور بعض النباتات كما في الكتان ، كما توجد أيضا في بعض الشعور الغدية .

ويوجـد الكـالـوز Callose في حالات قليلة في خلايا مغـطاه البـذور . وهو يغلف الصفـائـح الغـربـالية Sieve Plates في الأنـابيب الغـربـالية Sieve tubes وفي الجـدر الخلوية للخلايا الحويصلة Lithocysts. كما وجدت هذه المادة في حبوب اللقاح وأنابيب اللقـاح Pollen tubes. وكثـير ماتحتـوى الجدر الخلوية لبعض النباتات على أملاح غير عضـوية مثـل سليكات وكربونات الكالسيوم . كما توجد ترسبات غير عضوية في جدر شعور نباتات العائلة القرعية Cucurbitaceae. وتزداد السليكا بدرجة واضحة في جدر بعض خلايا بشرة أوراق نبـاتـات العـائلة النجيلية Poaceae والسعـدية Cyperaceae وتسمى خلايا السليكا Silica Cells. في بعض العائلات من ذوات الفلقتين مثل التوتية Moraceae والحـريقية Urticaceae تترسب كربـونات الكالسيوم في صورة حويصلات حجرية Cystoliths.

وأوضحت الأبحاث أن الجدر الخلوية تحتوى على بروتينات تتراوح بين ٥-١٠٪ من وزن الجدار، لاسيما جدر الخلايا النامية . تتضمن هذه البروتينات أنواع من الانزيمات

بالاضافة الى مركبات بروتينية أخرى. ويمثل الماء جزءا هاما من مكونات جدر الخلايا. أما التغيرات في مقدار الماء فتؤدى الى حدوث تغيرات في مدي تلاصق جزيئات السليلوز وحشوة الجدار. وحينما يتوقف الجدار الخلوى عن النمو، يمتلىء حيز الماء باللجنين أو غيره ويصبح الجدار قويا.

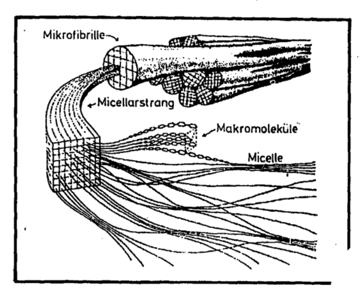
التركيب الدقيق لجدار الخليــة

The Submicroscopic Structure of the Cell Wall

يتركب جدار الخلية، الابتدائي أو الثانوى، في مغطاة البذور من هيكل معقد من السليلوز مطمـورا في حشـوة غير سليلوزية مسـامية. أوضـح المجهـر الألكـترونى أن جزيئات السليلوز، في جدار الخلية، توجد في هيئة سلاسل غير متفرعة، تتألف الواحدة منها من تكثيف عدة مئات من جزيئات سكر الجلوكوز. وسلاسل الجزيئات السليلوزية مختلفة الطول، فقد تكون طويلة تحتوى الواحدة منها على أكثر من خمسة آلاف جزىء جلوكوز، أو قصيرة يصل عدد الجزيئات فيها الى حوالى ١٠٠٠ جزىء جلوكوز.

وسلاسل جزيئات السليلوز تكون في بعض مناطق الجدار متوازية بدرجة كبيرة وفق نظام دقيق متناسق وعلى مسافات متساوية من بعضها الأمر الذي يكسب السليلوز فيها مظهرا بللوريا، وفي مناطق أخرى تكون السلاسل أقل انتظاما وتناسقا مكونة مناطق غير بللورية في جدار الخلية، وبذلك فان جزىء السليلوز يوجد جزء منه في منطقة متبلورة، بينما جزء آخر في منطقة غير متبلورة، ثم في أخرى متبلورة وهكذا. والإنتقال من منطقة الى أخرى يكون تدريجيا. ويتضح من ذلك أن جدار الخلية عبارة عن نسيج من سلاسل جزيئات السليلوز تختلف درجة توازيها ومظهرها البللورى من جزىء الى آخر في جدار الخلية. ومقدار السليلوز المتبلور وغير المتبلور يتفاوت بدرجة كبيرة في جدار الخلية. ففي جدر خلايا الألياف، مثـلا، وجـد حوالى ٩٠٪ من السليلوز متبلورا، بينما في الخلايا الفتية يمثل السليلوز المتبلور جزءا صغيرا.

التجمعات البللورية لجزيئات السليلوز في جدار الخلية تسمى الميسيلات Miscelles وهى الوحدات التركيبية الأساسية لهيكل جدار الخلية (شكل ٥١). والميسلة عبارة عن حزمة من حوالى ١٠٠ ـ ١٧٠ من سلاسل جزيئات السليلوز، تترتب فيها معا بالتوازى، وأن الجـزء من سلاسل السليلوز في الميسلة الواحدة يتألف من حوالى مائة جزىء على الأقل من سكر الجلوكوز. والميسيلات تنفصل عن بعضها طوليا بمناطق سليلوزية غير متبلورة. وبعض سلاسل جزيئات السليلوز تكون طويلة تتعدى حدود الميسلة وتتداخل مع ميسيلات أخـرى مكـونـة جهـازا متـماسكـا مسـاميا يسمى النـظام الميسيلى Micellar system.



(شكل ٥١) : يوضح التركيب الدقيق لجدار الخلية النباتية.

ولقد أوضح المجهر الألكترونى أن الميسيلات تتجمع في أشرطة دقيقة قطر الواحد منها حوالى ٦٠ أنجستروم تسمى شرائط الميسيلات Micellar strands. ويتجمع حوالى ١٥-٢٠ من شرائط الميسيلات معا في حزمة سليلوزية دقيقة تسمى اللويفة الدقيقة Microfibril قطرها حوالى ٢٠٠-٣٠٠ أنجستروم. وكثيرا ما كان طولها عدة ميكرونات، ويحتوى مقطعها العرضى على عدة مئات من جزيئات السليلوز. فنبات الرامى Bohmeria nivea مثلا، تحتوى اللويفة الدقيقة فيه على حوالى ٢٠٠٠ جزىء سليلوز. واللويفات الدقيقة يتكون عنها الهيكل السليلوزى الشبكى لجدار الخلية. واللويفات الدقيقة تتجمع في وحدات اكبر تسمى اللويفات الكبيرة Macrofibrils قطر الواحدة منها حوالى ٤ر ميكرون، ولهذا يمكن مشاهدتها بالمجهر الضوئى بينما لاترى اللويفة الدقيقة الا بالمجهر الألكترونى (الميكرون Micron = 0.001 من المليمتر = ١٠٠٠٠ أنسجتروم Angstrom (A).

وتوجد مسام بين الميسيلات وبعضها البعض. هذه المسام دقيقة جدا فلا تسمح الا بمرور السوائل والتي أهمها الماء. والفراغات بين اللويفات الدقيقة وبعضها وكذلك بين اللويفات الكبيرة وبعضها يتكون عنها جهازا مساميا شعريا Capillary system تحتوى على المواد البكتينية والهيميسليلوزات والشموع والكيوتين والسوبرين وحتى السليكا وغيرها من المركبات غير العضوية مثل اكسالات الكالسيوم وغيرها تبعا لنوع الجدار. ورغم أن الفراغات الدقيقة Interstices بين التراكيب السليلوزية المختلفة تكون ممتلئة بمواد غير سليلوزية، فان الجدر الخلوية تظل مسامية تمر من بينها السوائل. ولقد وجد

أن السليلوز واللجنين في الجدر الثانوية يكونان متداخلان معا باحكام، ويمكن اذابة أى منهما ليترك هيكلا متميزا من المادة الأخرى.

فشعر القطن Cotton lint يحتوى على حوالى ٩١٪ سليلوز بينما ألياف الكتان يتراوح السليلوز فيها بين ٧٥-٩٠٪ والباقى لجنين.

ترتيب اللويفات الدقيقة في جدار الخلية

تتنوع نظم ترتيب لويفات السليلوز في جدار الخلايا بدرجة كبيرة، وحتى في جدر خلايا نفس النسيج، وكذلك في الطبقات المختلفة لجدر نفس الخلية. وعادة تكون اللويفات في الجدار الابتدائي كثيرة التقاطع مع بعضها في شكل شبكى. أما في الجدر الثانوية ذات الثلاث طبقات مثل جدر الأوعية، والقصيبات والألياف، فيختلف ترتيب اللويفات من طبقة الى أخرى. ففي طبقتى الجدار الخارجية والداخلية تكون اللويفات متوازية في نظام حلزونى، وعمودية على المحاور الطويلة للخلية. أما في الطبقة الوسطى من الجدار الثانوي فان اللويفات تكون موازية للمحور الطويل للخلية أو مائلا قليلا عنه.

نمو الجدار الخلوى Growth Of The Cell Wall

خلال مراحل تطور الخلية المرستيمية، ذات الجدر الرقيقة، الى أخرى بالغة، تحدث فيها تغيرات في الحجم والشكل وصفات البروتوبلاست وطبيعة الجدار. وأثناء المراحل المبكرة لازدياد الخلية في الحجم، تكون الزيادة في الرقعة السطحية لجدر الخلية الابتدائية كبيرة. أما حينما تستكمل الخلية نموها في الحجم، تتوقف الزيادة في الرقعة السطحية لتبدأ الزيادة في السمك لتكوين الجدر الثانوية. وعادة تحدث الزيادة في الرقعة السطحية دون نقص ملحوظ في سمك الجدار الخلوى. لقد ظهر أن بروتوبلازم الخلية يقوم ببناء لويفات سليلوزية جديدة وغيرها من مواد الجدار الخلوى، تتداخل في الفرغات الشعرية الدقيقة للهيكل السليلوزى الشبكى في الجدار، حتى تعوض ما ينقص من سمكه نتيجة لزيادته في الرقعة السطحية. وتعرف هذه العملية بالتدخل أو التغلغل Intussusception وهى الوسيلة الأساسية في بناء الجدر الخلوية عند مرحلة اتساعها في الرقعة السطحية.

ولقد اتضح عدم تماثل الجدر المختلفة لنفس الخلية في الزيادة في الرقعة السطحية، فغالبا تنمو الخلية في الطول بدرجة أكبر من نموها في القطر، وتستمر أطراف بعض الخلايا في النمو، متوغلة بين غيرها من الخلايا بينما تتوقف الأجزاء الأخرى عن النمو، كما هو الحال في الألياف، والشعيرات الجذرية التي يحدث فيها النمو في الطول عند أطرافها. وقد تكون الخلية الجديدة متشعبة اذا كان النمو موضعيا في ثلاث مناطق أو أكثر.

خلال عملية الزيادة في الرقعة السطحية، تتباعد الرقعات النقرية الابتدائية Primary pit-fields عن بعضها فتزداد في المساحة ثم تتجزأ نتيجة لترسيب مكونات جدارية على حقل النقرة. وقد تتجزأ أيضا خيوط البلازموديزماتا Plasmodesmata.

ولقد أوضح المجهر الألكتروني أن بناء مادة الجدار الابتدائي تحدث في مناطق محددة به تكون موزعة على امتداد سطحه. يقوم البروتوبلاست في هذه المناطق بابعاد لويفات السليلوز الدقيقة فيها ويبنى مكانها أخرى جديدة، بالاضافة الى المواد الجدارية الأخرى، تملىء الفراغات الموجودة بين هذه اللويفات فتعوض بذلك ماينقص من سمك الجدار نتيجة لاتساعه.

والنمو في السمك يكون واضحا بدرجة كبيرة في الجدر الثانوية، حيث تترسب طبقات في تتابع زمنى فوق سطح الجدار الابتدائى بعد أن يستكمل نمو الرقعة السطحية. وتعرف هذه العملية بالتراكم Apposition. يحدث التراكم في اتجاه تجويف الخلية، وتتميز به خلايا الأنسجة المختلفة في النبات. قد لاتكون الزيادة في السمك متماثلة، فقد تبقى مناطق النقر رقيقة، أو يكون الترسيب في مناطق معينة كما في جدر الخلايا الكولنكيمية، وقد يأخذ صورا مختلفة في جدر الأوعية والقصيبات حيث تكون الزيادة في السمك في صورة حلقات أو حلزونات وغيرها.

وعملية التغلغل أو التداخل تحدث في بعض الجدر الابتدائية والثانوية بعد استكمال نموهما في السمك كما في حالة تواجد بعض المواد الجدارية مثل اللجنين والكيوتين.

من الظواهر المعقدة التي تستدعى الانباه والاهتمام في نمو الجدار الخلوى، مايحدث عند ايجاد الاتصال بين الصفيحة الوسطى الجديدة، التي تتكون خلال مرحلة انقسام السيتوبلازم في عملية الانقسام الخلوى غير المباشر Mitosis والصفيحة الوسطى الواقعة خارج الجدار الابتدائى للخلية الأم المنقسمة في هذه العملية يحدث تكسر بجدار الخلية الأم، الابتدائى في مقابل الصفيحة الوسطى الجديدة، وتدريجيا يتم الاتصال بين الصفيحة الوسطى الجديدة ونظيرتها الواقعة بين الجدار الابتدائي للخلية الأم المنقسمة والجدار الابتدائي للخلية المجاورة.

المسافات البينيـــة Intercellular Spaces

الخلايا المرستيمية تكون عادة محكمة التركيب لاتوجد بينها الفراغات التي تسمى المسافات البينية. وخلال مراحل تكشف مشتقات الخلايا المرستيمية الى أنسجة متخصصة، تتكون مسافات بينية بين خلايا هذه الأنسجة. وتتنوع المسافات البينية في الشكل والاتساع وكثرتها العددية من نسيج الى آخر.

المسافات البينية الأكثر شيوعا في النباتات مغطاة البذور تنشأ نتيجة لانفصال أجزاء معينة من الجدر المتلاصقة للخلايا المتجاورة، ولهذا تعرف بالمسافة البينية الانفصالية Schisogenous intercellular space. وعند عملية انقسام الخلية غير المباشر، الصفيحة الوسطى الجديدة، التي تقع بين الخليتين الشقيقتين الناتجتين عن انقسام الخلية الأم، تتسع جانبيا حتى تلاصق الجدار الابتدائى الأصلى للخلية الأم. وعند موضع الملامسة، تظهر فجوة دقيقة يذوب في مقابلها جزء من الجدار الابتدائى للخلية الأم، وتتسع الفجوة تدريجيا حتى تصل في النهاية الى الصفيحة الوسطى الفاصلة بين الجدار الابتدائي للخلية الأم المنقسمة والخلية المجاورة لها، مكونة مسافة بينية تشاهد مثلثة الشكل تقريبا في القطاع العرضى، وتبقى مادة الصفيحة الوسطى محددة للمسافة البينية. وإذا كانت هناك مسافة بينية مماثلة متكونة بين الخلية الأم وخلية أخرى مجاورة، فان المسافة البينية الجديدة تندمج مع القديمة ليتكون عنهما معا مسافة بينية واسعة. هذا، وقد تشترك أكثر من خليتين في تكوين مسافة بينية واحدة.

في المرستيمات، حيث الخلايا سريعة الانقسام، تتكون المسافة البينية الدقيقة بانغلاق الصفيحة الوسطى وتباعد الخلايا عن بعضها البعض. وفي النباتات المائية المغمورة تحت سطح الماء، تتكون فراغات هوائية انفصالية كبيرة ينشأ عنها جهاز يمتد كقنوات على طول السلاميات بين عقدة وأخرى. هذه الفراغات تنشأ مثل الفراغات الانفصالية العادية غير أنها تزداد في الاتساع نتيجة للانقسامات الخلوية التي تحدث عموديا على محيط الفراغ الهوائى.

وقد تتحول بعض المسافات البينية الانفصالية الى تراكيب متخصصة تعرف باسم القنوات الافرازية Secretory Ducts تكون محاطة بطبقة من خلايا متخصصة في افراز مواد معينة الى تجويف القناة. تسمى هذه الخلايا المتخصصة بالخلايا الطلائية Epithe-lial cells ومن أمثلة هذه التراكيب، القنوات الراتنجية في سيقان نباتات العائلة المركبة، حيث تقوم الخلايا الطلائية بافراز مادة الراتنج Resin ، والقنوات الزيتية Vittae في ثمار نباتات العائلة الخيمية Apiaceae والتي يفرز فيها زيوت عطرية. والقنوات الزيتية في العائلة الخيمية موضعية محدودة الاتساع. والخلايا الطلائية الافرازية هي خلايا بارنكيمية رقيقة الجدر، ذات سيتوبلازم كثيف، يكون محورها الطويل موازيا للمحور الطولى للقناة. تنشأ هذه القنوات بنفس الطريقة التي تنشأ بها الفراغات الهوائية في النباتات المائية المغمورة.

ويوجد نوع أخر من المسافات البينية يسمى المسافات البينية الانقراضية Lysigenous intercellular space تنشأ نتيجة لتكسر كلى أو ذوبان خلية أو أكثر. عادة تمتلىء هذه

التجاويف بالزيت العطرى الذي تكون في الخلايا وانطلق بعد تكسرها أو ذوبانها الى التجويف . ومن أمثلة هذه التجاويف الافرازية مايوجد منها في أوراق وقشور ثمار الموالح Citrus مثل البرتقال والليمون وأوراق نبات الكافور Eucalyptus. هذه الفجوات ليست لها حدود من خلايا افرازية كما هو الحال في القنوات الراتنجية أو الزيتية ، وتشاهد على حافتها بقايا الخلايا المتكسرة التي امتلأت بافرازاتها .

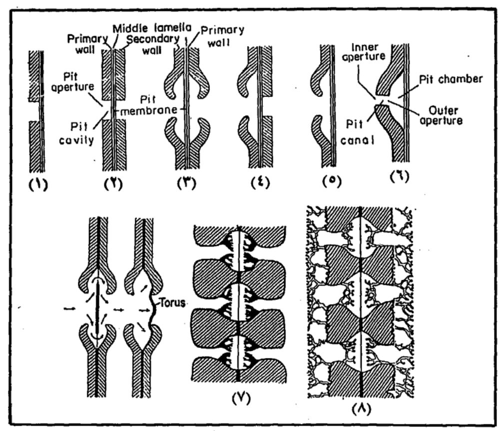
النقـــــــر Pits

تتميز الخلايا ذات الجدر الابتدائية ، مثل الخلايا المرستيمية والبارنكيمية والمرافقة ، بوجود انخفاضات دائرية بجدرها تسمى الرقعات النقرية الابتدائية Primary pit-fields . والجـدار الابتـدائى ، في منـطقة الرقعة النقرية ، يكون رقيقا يمتد خلاله عديد من الروابط البلازمية . ولقد وجد أن الميكرون المربع في جدر خلايا قمة جذر البصل يحتوى على سبع رقعات نقرية .

الجـدار الثانوى في خلايا النباتات الراقية يتميز عادة بوجود تجاويف صغيرة تسمى النقـرة ، تتنـوع في شكلهـا وحجمهـا وتـركيبها وعمقها . ولايطلق مصطلح النقر على التجـويف المـوجود في الجدار الثانوي فقط ، وانما يشمل أيضا الجدار الذي يحيط به . وتتكـون النقـر خلال مراحـل تكشف الخلية ، في مناطق الرقعات النقرية الابتدائية ، حيث تنشأ نقرة أو أكثر في المنطقة الواحدة ، كما تنشأ أيضا في مناطق الجدار التي لاتوجد بها رقعات نقرية . ومن ناحية أخرى ، فقد يغطى بعض الرقعـت النقـرية بطبقـات مـن الجـدار الثـانوى .

وعـادة ، توجـد النقر في أزواج بجدار الخلية ، فيقابل كل نقرة في جدار خلية ما ، نقرة أخـرى مكملة لها في جدار الخلية المـلاصق ، ويتكـون عن النقرتين معا وحدة تركيبية ووظيفية تسمى النقرة الزوجية Pit pair . وتبعا لذلك ، تتألف النقرة الزوجية المضفوفة Bordered pit-pair من نقـرتين مضفوفتين متقابلتين . واذا قابلت نقرة مضفوفة أخرى بسيطة ، فانهما يؤلفان وحدة تسمى النقرة الزوجية نصف المضفوفة Half-Bordered. pit-pair أمـا النقـرة الـزوجية البسيطة Simple pit-pair فتتـألف من نقـرتـين بسيطتين متقابلتين . وإذا وقعت النقرة في مواجهة مسافة بينية ، عرفت حينئذ باسم النقرة العمياء Blind pit. وأحيانا ، توجد نقرتان أو أكثر صغيرتان في مواجهة نقرة واحدة ، يسمى هذا التجمع بالتنقير المركب أحادى الجانب Unilaterally compound pitting . وتتركب النقرة من غشاء النقرة وتجويف النقرة ، ولها فتحة تسمى فوهة النفرة (شكل ٥٢) .

أ ــ ***غشاء النقرة*** Pit membrane وهو عبارة عن جزء النقرة الذي يحدد تجويفها ، يتركب



(شكل ٥٢): يوضح تركيب النقر (١) نقرة بسيطة، (٢) نقرة زوجية بسيطة، (٣) نقرة زوجية مضفوفة، (٤) نقرة زوجية نصف مضفوفة، (٥، ٦) نقرتان مضفوفتان، لاحظ قناة النقرة والفتحتان الخارجية والداخلية، غرفة النقرة وغشاء النقرة مكونا من الصفيحة الوسطى والجدارين الابتدائيين. (٧، ٨) قطاع طولى في جدار وعائين متجاورين يوضح النقر المتفرعة .

من الصفيحة الوسطى والجدارين الابتدائيين للخليتينن المتلاصقتين في منطقة النقرة، ولهذا فهو خال من طبقات الجدار الثانوى.

ب ــ ***تجويف النقرة*** Pit cavity : هو الحيز الواقع بين غشاء النقرة وتجويف الخلية.

جـ ــ ***فوهة النقرة*** Pit aperture وهي فتحة تصل بين تجويف النقرة والخلية. وقد تكوت هذه الفتحة دائرية أو بيضاوية أو على هيئة شق. اذا وجدت قناة نقرية Pit Canal في النقرة المضفوفة، تصل بين تجويف كل من النقرة والخلية، تميزت فتحتان، أحدهما خارجية Outer Aperture تؤدى الى تجويف النقرة، والأخرى داخلية Inner Aperture تواجه تجويف الخلية.

أنواع النقــر :

يوجد نوعان أساسيان من النقر هما :

١ ــ النقر البسيطـة ٢ ــ النقر المضفوفة

١ ــ النقر البسيطة Simple Pits

توجـد هذه النقــر بجـدر الخلايا البارنكيمية بالخشب الثانوى، وفي ألياف اللحاء والاسكلريدات. تتميز النقر البسيطة بأن الجدار الثانوى لايتقوس فوق تجويف النقرة. قد يكون اتساع النقرة متماثلا أو يقل أو يزداد في اتجاه تجويف الخلية. ولهذا، تظهر الجدر الجـانبية لهذه النقـرة، في القـطاعات، اما متعامدة على الجدار الابتدائي أو قريبة من بعضها أو مائلة نحو الخارج.

وتجويف النقرة البسيطة لايتميز الى غرفة وقناة النقرة، كما يحدث في النقرة المضفوفة، ويظل غشـاء النقرة في موضعه بين النقرتين المتقابلتين. وتظهر فوهة النقرة البسيطة في المنظر السطحى مستديرة أو بيضاوية الشكل.

تتميز النقــر البسيطة المـوجودة في الاسكلريدات ذات الجدر الثانوية السميكة بأن تجويف النقـرة يكون على هيئة قناة Pit canal تمتد بين غشاء النقرة وتجويف الخلية، لها فتحة واحدة تفضى الى تجويف الخلية. قد تتلاصق نقرتان أو أكثر وتكونان قناه متفرعـة ذات فوهـة واحـدة. وتعـرف النقـرة فـي هـذه الحـالة الأخيـرة باسـم النقــر المتفرعة Ramiform pits.

ويوجـد عادة مقـابل النقرة البسيطة أخرى مثلها، ويتكون عن النقرتين معا وحدة مشتركة تسمى النقرة الزوجية البسيطة. ويفصل النقرتان عن بعضها غشاء النقرة.

٢ ــ النقر المضفوفة Bordered Pits

وهذه النقر أكثر تعقيدا وتنوعا من النقر البسيطة. تتركز هذه النقر في جدر العناصر الناقلة للماء في نسيج الخشب، وهي الأوعية والقصيبات، وفي الياف الخشب. وتتميز النقرة المضفوفة بامتداد الجدار الثانوى وتقوسه فوق غرفة النقرة Pit-chamber مكونا حافة مرتفعـة تسمى ضفـة النقـرة Pit-border ، وتظهر النقرة المضفوفة في المظهر السطحى كحلقة دائرية أو بيضاوية الشكل تحيط بحلقة أخرى أصغر منها تمثل فوهة النقرة.

في كثير من القصيبات وألياف الخشب يكون الجدار الثانوى زائد السمك. وفي هذه الحالات، يصبح تجويف النقرة مكونا من جزيئين، غرفة النقرة، وقناة Pit Canal تصل مابين تجويف الخلية وغرفة النقرة. توجد فتحتان لهذه القناة، احداهما خارجية مستديرة الشكـل تفضى مباشرة الى غرفة النقرة. والفتحة الأخرى تكون داخلية تواجه تجويف

الخلية، وهى بيضاوية الشكل أو قد تكون مستطيلة ضيقة في صورة شق. وقد يصبح امتداد الفتحة الداخلية قريبا من حافة محيط غرفة النقرة، أو يصل الى حدود هذا المحيط وبذلك لا تكون هناك ضفة للنقرة. هذه الفتحات المتطاولة توجد فقط في حالة الجدر زائدة السمك، ولذلك تكون قناه النقرة على شكل قمع مضغوط، فتحتها الخارجية دائرية الشكل.

والفتحتان الداخليتان في النقرة الزوجية المضفوفة تكونان متقابلتان متطابقتان في الوضع اذا كانتا دائرية المحيط، أما اذا كانت الفتحتان مستطيلتان فانهما يكونان متقاطعتين مع بعضهما. وربما ازداد اختزال حجم ضفات النقر حتى لايبقى غير نقر مزدوجة أشبة ماتكون بالشقوق، ومثل هذه النقر غير قادرة على القيام بوظيفتها.

والنقر الزوجية المضفوفة ليست معقدة فقط في شكل تجويفها، وانما أيضا في تركيب وسلوك غشائها. في قصيبات خشب بعض عاريات البذور، يوجد جزء سميك قرصى الشكل في وسط غشاء النقرة يسمى التخت Torus يكون قطرة أكبر من قطر فتحة النقرة (شكل ٥٢). يتركب التخت أساسا من السليلوز، ويكون محاطا بمنطقة حافية رقيقة. الجزء الرقيق من غشاء النقرة يحتوى على ثقوب دقيقة جدا يبلغ قطرها حوالى ٣ر ميكرون، فيظهر التخت كأنه معلق في وسط تركيب شبكى. ولقد أوضحت الدراسة بالمجهرالألكترونى أن هذاا لجزء الشبكى يتألف من لويفات تمتد من التخت حتى حافة الجدار الابتدائى. ولقد اتضح مرور السوائل بين هذه اللويفات من قصيبة الى أخرى. في هذا النوع من النقر، يكون غشاء النقر مرنا، قد يشغل الجزء الوسطى من النقرة الزوجية المضفوفة، أو يتحرك جانبيا نتيجة لزيادة الضغط حتى يصبح مرتكزا على أي من ضفتى النقرة فيغلق فتحتها. ومرور السوائل، خلال النقرة الزوجية، يصبح حينئذ بالانتشار خلال التخت. وإذا كان التخت في وضع وسطى، يكون مرور السوائل أساسيا خلال الجزء الرقيق من غشاء النقرة. في الخشب الصميمي، يصبح الغشاء جامدا وغالبا يكون في وضع جانبى غالقا لفتحة النقرة.

ويعتبر التخت ميزة هامة للنقر المضفوفة في عاريات البذور، أما في مغطاة البذور فانه نادرا مايكون موجودا، وان وجد يكون ضعيف التكوين. النقر الزوجية نصف المضفوفة يكون التخت فيها غير موجود أو ضعيف التكوين، والنقرة المضفوفة قد تكملها أخرى بسيطة، فيتكون تركيب واحد يسمى النقرة الزوجية نصف المضفوفة Half-bordered pit-pair.

الجدر الواقعة بين العناصر الناقلة للماء والخلايا البارنكيمية توجد بها نقر زوجية نصف مضفوفة. ففي جدار الوعاء أو القصيبة تكون النقرة مضفوفة، بينما التي تقابلها

في جدار الخلية البارنكيمية تكون بسيطة . ومع هذا ، فإن النقر البسيطة والمضفوفة توجد أيضا في الجدر الثانوية للأوعية والقصيبات .

النقــر المزركشــة Vestured Pits

وتسمى أحيانـا النقر ذات الرداء ولقد اكتشفها وسماها Bailey عام ١٩٣٣ . والنقر المـزركشة تمثل نوعا من النقر المضفوفة يوجد في العناصر الناقلة للماء بالخشب الثانوى لعـدد قليل من عائـلات النباتات الزهرية ذوات الفلقتين مثل الصليبة Brassicaceae والبقولية Leguminosae ولهذا تعتبر هذه النقر صفة تشخيصية هامة للدراسات المقارنة للخشب . وتتميز هذه النقـرة بوجـود زوائد دقيقة تكسو تجويف النقرة لدرجة تكسبها مظهـرا شبكيا أو غرباليا . وتوجد هذه الزوائد أيضا على حواف فوهة النقرة ، تنشأ من السـطح الـداخـلى للجدار الثانوى المحيط بغرفة النقرة . وتتنوع الزوائد في الشكل أو الحجم والعدد فهى اما خيطية ، ريشية ، أو متشعبة تشعب الشعب المرجانية ، وقد تكون متنـاثـرة أو متقـاربـة بدرجة تكسو الجدار كله . وقد تتكون الزوائد أيضا على السطح الداخلى لعناصر الأوعية التي توجد بها هذه النقر .

وحينما تكون طويلة ، قد تملىء الزوائد غرفة النقرة وتبرز الى تجويف الخلية . وفي النقر الزوجية نصف المضفوفة ، تكون النقر البسيطة خالية من هذه الزوائد . ولاتعرف وظيفة خاصة لهذه النقر .

ترتيب النقر في جدر الخلايا

يتنوع عدد وترتيب النقر في جدر الخلايا ، حتى على السطوح المختلفة لنفس الخلية . ويتـوقف ذلـك على نوع الخـلايا المجـاورة . عادة توجـد نقر زوجية مضفوفة بين جدر العنـاصر النـاقلة للماء . ولاتـوجد نقر زوجية بين العناصر الناقلة للماء والألياف ، وان وجـدت تكـون قليلة العـدد جدا . النقـر المـوجودة بين العناصر الناقلة للماء والخلايا البـارنكيمية تكون اما زوجية نصف مضفوفة أو زوجية بسيطة . في حالة النقر الزوجية نصف المضفوفة ، توجد النقرة المضفوفة في جدر الوعاء أو القصيبة .

وترتب النقر المضفوفة في عناصر الخشب الناقلة في ثلاثة نظم هي السلمى Scalariform والمتقابل Opposite والمتبادل Alternate . وإذا كانت النقر مستطيلة عرضيا في المنظر السطحى ومرتبة في تتابع رأسى عرف النظام بالتنقير السلمى ، واذا كانت النقر مرتبة في أزواج أو صفوف أفقية قصيرة كان التنقير متقابلا ، أما اذا كانت مرتبة في صفوف مائلة عرف التنقير باسم المتباذل .

الروابط البلازمية Plasmodesmata

هى خيوط سيتوبلازمية دقيقة جدا يبلغ قطرها جزء من الميكرون، تمتد عبر جدر خلايا النباتات الراقية وتربط بروتوبلاستات الخلايا المتجاورة بعضها ببعض. ولقد شوهدت هذه الروابط متصلة بالشبكة الاندوبلازمية والتي تتصل بامتدادات من غلاف النواة، وبذلك يتكون جهاز غشائي يصل بين أنوية الخلايا المتجاورة. ويمكن رؤية هذه الروابط البلازمية بالمجهر الألكتروني وكثيرا تشاهد بالمجهر الضوئى في الجدر الخلوية السميكة لاندوسبرم بعض البذور مثل البلح Phoenix والبن Coffea والكاكى Diospyros kaki

والروابط البلازمية من مميزات الجدر الابتدائية، حيث تتفاوت كثيرا في العدد، وتكون غالبا متجمعة في الرقعات النقرية الابتدائية، أما فرادى أو في أزواج أو ثلاثة أو أربعة أو خمسة أو ستة معا. كما توجد أيضا مبعثرة في جدار الخلية. في الخلايا الحية ذات الجدر الثانوية توجد الروابط البلازمية مركزة في أغشية النقر الزوجية. ولقد وضح أن الروابط البلازمية توجد في جميع الأنسجة الحية للنباتات الراقية، وبذلك يصبح النبات عبارة عن كيان من بروتوبلاستات مترابطة، بدلا من اعتباره تجمع من خلايا منفصلة. وبصفة عامة يتراوح عددها بين ستة الاف والأربعة وعشرون ألفا في الخلية الواحدة.

ويرجع تكوين الروابط البلازمية خلال مرحلة انقسام الخلية نتيجة لوجود أجزاء من الشبكة الأندوبلازمية عند تكوين الصفيحة الخلوية. ولقد عرف ان هذه الروابط تتكون أيضا عندما تتلاصق جدر الخلايا مثلما يحدث في حالات التطعيم. وأوضحت بعض الأبحاث أن عدد الروابط البلازمية يزداد بالانفلاق خلال ازدياد جدار الخلية في الرقعة السطحية، وفي هذه الحالة تمط الروابط جانبيا قبل أن تنفلق.

ويرى الباحثون أن الروابط البلازية تساهم في نقل المواد من خلية الى أخرى، وتعتبر طريقا لتوصيل مؤثرات البيئة المختلفة فتحدث في النبات استجابات معينة تبعا لطبيعة هذه المؤثرات. ومن المختمل أن يكون الارتباط الوثيق بين الخلايا والأنسجة والاعضاء في النبات يرجع الى وجود هذه الروابط البلازمية.

الفصل العاشر

الأنسجــة النباتية THE PLANT TISSUES

- المرستيمات
- تصنيف المرستيمات
- نظم النمو في المرستيمات
- المرستيمات القمية
- المرستيمات البينية
- المرستيمات الجانبية
- المرستيمات والتميز الخلوى.

الفصل العاشر
الأنسجة النباتية
THE PLANT TISSUES

تتركب أجسام أبسط النباتات ذات البلاستيدات الخضراء Chloroplasts مثل طحلب الكلاميدوموناس Chlamydomonas من خلية واحدة تقوم بجميع وظائف الحياة. في بعض الطحالب Algae الأخرى، وحيدة الخلية Unicellular مثل طحلب فولفكس Volvox يوضح تركيب الجسم طرازاً آخر، فهو وحيد الخلية، متجمعا في مستعمرات تضم الواحدة منها بضعة آلاف من الخلايا، يتجلى فيها توزيع للعمل الحياتي حيث تقوم مجموعة من خلايا المستعمرة بوظائف الحياة العادية، بينما تتخصص خلايا أخرى للقيام بعملية التكاثر. وفي طحالب أخرى مثل فوشيريا Vaucheria يكون الجسم عبارة عن مدمج خلوى Coenocyte في صورة تركيب أنبوبى قد يصل طوله الى عدة بوصات، يتألف من جدار خلوى يحيط بطبقة من السيتوبلازم تتوسطها فجوة عصارية مركزية كبيرة. والسيتوبلازم في فوشيريا عديد الأنوية دون أن تفصلها عن بعضها البعض جدر خلوية، هذا الكيان البروتوبلازمى غير مقسم الى وحدات خلوية متخصصة.

ولقد أدى الانتقال التدريجي للنباتات الأولى من البيئة المائية الى الحياة في بيئة الأرض إلى حدوث تعقيدات تركيبية في جسم النباتات بما يتواقف مع حياة الأرض. وتبعا لذلك حدثت تحورات داخلية وتوزيع للعمل بين خلايا جسم النبات بما يتواءم مع الوظائف التخصصية الجديدة التي تقوم بها خلايا متخصصة مرتبة في مجموعات هى الأنسجة.

والنباتات عديدة الخلايا، تظهر في خلاياها درجات متفاوتة من التخصص يصاحب التدرج في الرقى. وتتميز النباتات مغطاه البذور، بأن جسم النبات بلغ أعلا درجات التعقد والرقى، مؤلفا من ملايين الخلايا، تتنوع في شكلها وتركيبها بما يتواقف مع وظيفة كل نوع، كما تختلف في منشئها. وتتجمع خلايا نوع أو أكثر معا، ويتألف منها وحدة

تركيبية ووظيفة تسمى النسيج Tissue. تنتظم الأنسجة بطريقة منسقة لتكوين الأعضاء، ولكل منها وظائفها التخصصية، ومع هذا لايستطيع أى عضو أن يقوم بوظائفه مستقلا عن باقى الأعضاء، فجميع أعضاء جسم النبات تعمل في ترابط تام يكفل النمو والحياة للنبات.

ويمكن تعريف النسيج، من الناحية المورفولوجية، بأنه مجموعة من الخلايا المنتظمة والمترابطة معا، متحدة في المنشأ، وذات تركيب متماثل وتقوم بوظائف واحدة، ويتألف منها جزء تركيبى في النبات. مثل هذه الأنسجة تسمى الأنسجة البسيطة Simple tissues كالنسيج البارنكيمى Parenchyma tissue والنسيج الكولنكيمى Collenchyma tissue. قد يضم النسيج تجمعا من أنسجة بسيطة تتكون منها وحدة تركيبية ووظيفية في جسم النبات فتسمى الأنسجة المعقدة Complex tissues، مثل نسيج الخشب Xylem الذي يتركب من خلايا ناقلة وخلايا بارنكيمية وغيرهما من ألياف الخشب. والنسيج المعقد الثانى يسمى نسيج اللحاء Phloem tissue ويتألف في مغطاة البذور من عناصر الأنابيب الغربالية Sieve tubes وخلايا مرافقة Companion cells وبارنكيما اللحاء Phloem parenchyma وألياف اللحاء Phloem fibers. ويتضح في الأنسجة المعقدة وجود تباين في أنواع الخلايا ووظائفها.

تصنيف الأنسجة Classification of Tissues

تصنف الأنسجة طبقا لأسس مختلفة يعتمد عليها في التصنيف، مثل القدرة على الانقسام الخلوى، والتعقد في التركيب، أى نوع الخلايا المكونة لها، أو الأصل الذي نتجت عنه، أو الوظيفة وغيرها. ولسوف يكتفى في هذا المؤلف بتصنيف الأنسجة تبعا لقدرتها على الانقسام.

وتصنف الأنسجة تبعا لقدرتها على الانقسام الى مرستيمات وأنسجة دائمة

أ - ***المرستيمات*** Meristems وهي أنسجة انشائية Formative tissues خلاياها تتصف بقدرتها المستمرة على الانقسام وانتاج خلايا جديدة تضاف الى جسم النبات مما يؤدى الى نموه وتكوين أنسجته وأعضائه. وتوجد المرستيمات في مناطق محددة بجسم النبات مثل المرستيم القمى Apical meristem لكل من الجذر والساق، والمرستيمات الجانبية مثل الكامبيوم الفلينى Phellogen والكامبيوم الوعائى Vascular cambium. كما توجد الأنسجة المرستيمية في جنين البذرة وبدايات الأوراق وقواعد السلاميات في سيقان النباتات ذوات الفلقة الواحدة.

ب - ***الأنسجة الدائمة*** Permanent Tissues وهي أنسجة يتألف منها الجزء الأكبر

من جسم النبات. بعض هذه الأنسجة خلاياها حية، توقفت عن الانقسام بعد تمام نضج خلاياها، ومع هذا، تظل محتفظة بقدرتها على الانقسام والنمو، واعادة التكشف Redifferentiation لفترات مختلفة.

النسيج البارنكيمى Parenchyma tissue والنسيج الكلولنكيمى Collenchyma tis-sue يعتبران مثلان للأنسجة الدائمة ذات الخلايا الحية. والبعض الآخر من الأنسجة الدائمة بلغت خلاياه درجة عالية من التخصص، ولاتستطيع أن تغير طبيعتها، فقد فقدت مابها من بروتوبلاست وتغلظت جدرها وأصبحت مؤلفة من هذه الجدر فقط مثل نسيج الفلين Cork tissue والنسيج الاسكلرنكيمى Sclerenchyma Tissue. ونسيج الخشب Xylem نسيج معقد يتركب من عناصر وعائية ناقلة هي الأوعية Vessels والقصيبات Tracheids وأخرى غير وعائية هى بارنكيما الخشب Xylem Parenchyma وألياف الخشب wood fibcrs أما نسيج اللحاء فهو النسيج المعقد الثانى في جسم النبات، ويتركب من عناصر ناقلة غربالية تسمى الأنابيب الغربالية Sieve tube، تتألف الواحدة منها من عناصر غربالية Sieve elements فقدت أنويتها غير أنها لاتزال محتفظة بما فيها من سيتوبلازم، ومع هذا فقدت قدرتها على الانقسام. ويضم نسيج اللحاء أيضا خلايا بارنكيمية متخصصة تسمى الخلايا المرافقة Companion cells وخلايا بارنكيمية تسمى بارنكيما اللحاء Phloem parenchyma وغيرها تسمى ألياف اللحاء Phloem fibers.

ويقترن نسيج الخشب مع اللحاء ويكونان معا الجهاز النسيجى الوعائى Vascular tissue system يمتد في كل أعضاء جسم النبات. ويتألف من الأنسجة غير الوعائية الدائمة وحدات أخرى نسيجية كبرى تمتد في جسم النبات مثل الجهاز النسيجى الأساسى Ground tissue system الذي يشمل جميع الأنسجة التي تتكون منها أرضية أعضاء النبات مثل القشرة Cortex والنخاع في السيقان والجذور والنسيج الأساسى Ground tissue لسيقان ذوات الفلقة الواحدة والنسيج المتوسط Mesophyll في الورقة. ويمثل النسيج البارنكيمى Parenchyma النسيج الأول الشائع في الجهاز النسيجى الأساسى. وقد يوجد في هذا الجهاز خلايا افرازية Secretory cells. والجهاز النسيجى الضام Dermal tisssue system يشمل البشرة Epidermis في أعضاء جسم النبات الابتدائي، والبشرة المحيطة أو البريدرم Periderm التي تحيط بالسيقان والجذور التي يحدث فيها نمو ثانوي.

المرستيمات MERISTEMS (OR. MERISTO DIVISIBLE)

المرستيمات مصطلح اقترحه Nagelli عام ١٨٥٨، وهى عبارة عن أنسجة انشائية

Formative cells تمتلك القـدرة على انشـاء خلايا وأنسجة جديدة. ومصطلح مرستيم بمعناه الواسع يتضمن خلايا فتية أى بداءات مرستيمية Meristematic initials وأخرى ملاصقة لها ناتجة عنها تسمى الخلايا المشتقة Derivative cells. والخلايا المشتقة تحدث فيها تغيرات مورفولوجية وفسيولوجية تدريجيا وتصبح في النهاية متخصصة أو دائمة Per-manent ولايوجد حد فاصل بين الخلايا المرستيمية ومشتقاتها الحديثة لاستمرار الأخيرة في تخليق البروتوبلازم والانقسام الخلوى لفترات معينة.

بعض الخلايا البالغة، مثل خلايا البشرة أو القشرة البارنكيمية أو الطبقة المحيطة Pericycle تظل محتفظة بقدرتها على الانقسام وتصبح مرستيمية في ظروف معينة.

يتضح مما تقدم أن المرستيمات Meristems هى أنسجة محددة في جسم النبات تمتلك خلاياها القدرة المستمرة على الانقسام بصورة فعالة، فتتخصص في انشاء خلايا جديدة تضاف الى جسم النبات في صورة أنسجة جديدة تمثل جزءا من عضو أو في صورة أعضاء جديدة. وطبقـا لذلـك فان جسم النبـات يتـألف من أنسجة بالغة وأخرى مرستيمية متخصصة في الانقسام الخلوى.

من الصفـات الهـامـة التي تتميز بها النبـاتات مغطاه البذور عن الحيوانات المعقدة الـتركيب الجسمى، نظام النمـو المفتـوح Open system الذي يتضمن تكوين أنسجة وأعضاء جديدة طوال حياة النبات نتيجة لنشاط المرستيمات Meristems. وتتضح أهمية المرستيمات في النمو المفتوح مما نلمسه في الأشجار والشجيرات سنويا من نمو جديد طوال حياة النبات شاملا تكوين أفرع خضرية وأزهار وجذور، بالاضافة الى الزيادة في قطر السيقان والجذور.

صفـات الخلايـا المرستيميـة

لاتختلف الخلايا المرستيمية، من الناحية الأساسية، كثيرا عن غيرها من الخلايا الحية في جسم النبات الزهرى. ومن الصعب وضع صفات معينة دقيقة يمكن أن توصف بها الخلية المرستيمية النموذجية، فالخلايا المرستيمية تتباين في عدد من صفاتها. ومع هذا، فنوجز أهم صفات هذه الخلايا فيما يلـي :-

١ ــ الخلايا المرستيمية توصف عادة بأنها صغيرة الحجم متساوية الأقطار Isodiamet-ric تقريبا، جدرها سليلوزية ابتدائية رقيقة، قد تحتوى على رقعات نقرية ابتدائية تمتـد خلالهـا عدد من الـروابط البلازمية. وتوجد مسافات بينية دقيقة جدا بين الخلايا وبعضها البعض.

٢ ــ تمتـلىء الخـلايا بالـبروتوبلاست النشط، تتخلله فجوات عصارية دقيقة جدا،

ويحتوى على عدد من الاعضاء الصغيرة Organelles مثل البلاستيدات الأولية والريبوزومات، ومقدار ضئيل من الشبكة الاندوبلازمية. ولاتوجد بهذه الخلايا بلاستيدات خضراء أو ملونة. ونواة الخلية المرستيمية تكون كبيرة بالنسبة لحجم الخلية، وتحتل مركزا وسطيا فيها. هذه الصفات السابقة توجد كثيرا في المرستيمات التي تعرف بالمرستيمات الحقيقية Eumeristems والتي تتميز بها المرستيمات القمية Apical meristems.

ومن ناحية أخرى فان الحجم النسبي بين النواة والسيتوبلازم تختلف كثيرا بدرجة كبيرة، كما أن الجدر الخلوية السميكة قد توجد في الخلايا المرستيمية حتى في المرستيمات القمية Apical meristems.

والكامبيوم الوعائى Vascular cambium عبارة عن مرستيم جانبى Lateral meristem تتميز خلاياها بوجود فجوات عصارية كبيرة، وجدرها القطرية تكون أكثر سمكا من الجدر المماسية وتحتوى على رقعات نقرية عميقة. يضم هذا الكامبيوم نوعان من الخلايا تختلفان في الشكل، يسمى الأول البدايات المغزلية Fusiform initials تكون مغزلية الشكل، والثانى يسمى بدايات الأشعة Ray initials تكون متماثلة الأقطار تقريبا. الكامبيوم الفلينى Phellogen هو أيضا مرستيم جانبى، خلاياه من نوع واحد ذات فجوات مختلفة الاتساع، وقد تحتوي على دباغ Tannins ونشا وبلاستيدات خضراء.

وبعض الخلايا البالغة الحية مثل خلايا البشرة Epidermis أو القشرة Cortex البارنكيمية أو الطبقة المحيطة Pericycle في الجذر، تظل محتفظة بقدرتها على الانقسام طوال حياتها، كامنة، ولكنها لاتتصف بالاستمرار في الانقسام لتكوين خلايا جديدة كما هو الحال في المرستيمات. هذه الخلايا الحية لاتنقسم الا تحت ظروف معينة. فمثلا، قد تنقسم خلايا البشرة أو القشرة البارنكيمية ويتكون عنها الكامبيوم الفلينى الذي ينشأ عن انقسام خلاياه تكوين نسيج واق يسمى البريدرم Periderm . وخلايا الطبقة المحيطة يتكون من انقساماتها الكامبيوم الفلينى أو الجذور الجانبية. وخلايا الطبقة المحيطة لاتختلف في تركيبها عن خلايا القشرة.

تصنيف المرستيمات

تصنف المرستيمات وفق أسس مختلفة مثل الأصل الذي نشأت عنه، وموضعها في النبات، والوظيفة التي تقوم بها. وهذه الأسس لاتضع حدودا فاصلة بينها:

أولا : التصنيف على أساس الأصل الذي نشأت عنه

تصنف المرستيمات على أساس نوع الخلايا التي نشأت عنها الى مرستيمات ابتدائية

Primary meristems وأخرى ثانوية Secondary meristems. المرستيمات الابتدائية هي التي تنشأ مباشرة عن خلايا جنين البذرة. وخلال مراحل تطور الجنين الى بادرة، تنحصر عملية تكوين الخلايا الجديدة تدريجيا في مناطق محددة في قمم السيقان والجذور تسمى المرستيمات. هذه المرستيمات التي توجد منذ نشأة الجنين Zygote وهى الأنسال المباشرة للخلايا والمختصة بالنمو تسمى المرستيمات الابتدائية. وتوجد هذه المرستيمات في قمم السيقان والجذور وبدايات الأوراق Leaf primordia ومثيلاتها من الزوائد الجانبية.

في كثير من ذوات الفلقة الواحدة Monocotyledons مثل العائلة النجيلية Poaceae تبقى خلايا المناطق القاعدية للسلاميات وأغماد الأوراق لفترة طويلة مرستيمية تنشأ عنها أنسجة دائمة. هذه المناطق، من حيث المنشأ، عبارة عن مرستيمات ابتدائية، وتتحول في النهاية الى أنسجة دائمة.

وينتج عن نشاط المرستيمات الابتدائية بناء جسم النبات الذي يتألف من الجذور والسيقان والأفرع والأوراق وغيرها من الزوائد الجانبية في مراحلها المبكرة، بالاضافة الى استطالة هذا الجسم. وجسم النبات الذي يتكون نتيجة لنشاط المرستيمات الابتدائية يسمى الجسم الابتدائي Primary body.

ينشأ المرستيم الثانوى من أنسجة دائمة بالغة وحية، ولقد سميت ثانوية لأنها نشأت جديدة في نسيج خلاياه غير مرستيمية، استأنفت قدرتها على الانقسام. والخلايا المنشئة للمرستيمات الثانوية لم تبلغ درجة عالية من التخصص الوظيفى مثل خلايا القشرة البارنكيمية وكذلك الخلايا البارنكيمية للطبقة المحيطة. وخلايا هذه المرستيمات تختلف مورفولوجيا عن المرستيمات الابتدائية وكذلك وظيفتها، حيث تنشىء أنسجة ثانوية تزيد من قطر محور الجسم الابتدائي وتدعمه، أو تحميه من عوامل البيئة، بينما المرستيمات الابتدائية تنشىء الجسم الأساسى الابتدائي للنبات. ويعتبر الكامبيوم الفلينى Cork cambium or phellogen من المرستيمات الثانوية وينشأ في خلايا ناضجة حية مثل البشرة أو القشرة واللحاء وحتى خلايا الطبقة المحيطة في جذور النباتات ذوات الفلقتين.

الكامبيوم بين الحزمى Interfascicular cambium في سيقان ذوات الفلقتين يوضح نوعا ثانيا من المرستيمات الثانوية ينشأ عن خلايا بارنكيمية تقع بين الحزم الوعائية في السيقان Interfascicular Parenchyma استأنفت نشاطها المرستيمى، وينتج عنه عادة أنسجة وعائية ثانوية.

ثانيا: التصنيف على أساس موضع المرستيم في جسم النبات

تصنف المرستيمات تبعا لموضعها في جسم النبات الى مرستيمات قمية Apical meris- tems ومرستيمات جانبية Lateral meristems ومرستيمات بينية Intercalary meristems.

والمرستيمات القمية هى مرستيمات تقع عند أطراف السيقان والجذور وأفرعها. والمرستيمات الجانبية توجد بعيدا عن قمم السيقان والجذور موازية للسطح الخارجى لعضو النبات ومن أمثلتها الكامبيوم الفلينى Phellogen والكامبيوم الوعائى Vascular cambium وتسمى الأنسجة التي تنشأ عن المرستيمات الجانبية بالأنسجة الثانوية Secon-dary Tissues. والمرستيمات البينية، هي مناطق مرستيمية ابتدائية مشتقة من المرستيم القمى للساق، وتوجد عند قواعد السلاميات في معظم النباتات، وقد توجد عند قمة السلامية أو وسطها وفي نباتات أخرى المرستيمات القمية والبينية هي مرستيمات ابتدائية.

نظم النمو في المرستيمـــات

تظهر في المرستيمات صورا مختلفة ناتجة عن تباين نظم انقسام الخلايا وزيادتها في الحجم. فمثلا، تتميز المرستيمات الجانبية Lateral meristems بالانقسامات الموازية لسطح عضو النبات Periclinal divisions. وفي سيقان وجذور النباتات ذات الفلقتين ينتج عن هذه الانقسامات تكوين صفوف عديدة من الخلايا موازية لأقطار محاور هذه الأعضاء، تزيد من سمكها. وهذا الترتيب القطرى يعتبر من صفات المشتقات المباشرة Immediate Derivatives لكل من الكامبيوم الوعائى Vascular Cambium والفلينى Phellogen.

والأعضاء التي تنشأ من نفس المرستيم القمى تأخذ أشكالا مختلفة للنمو لأن المشتقات الخلوية، التي مازالت مرستيمية تظهر نظما واضحة للنمو. بعض هذه النظم ذات صفات مميزة لها تؤدى الى اطلاق مصطلحات معينة عليها تتفق مع الشكل أو الصورة التي تنتج عن انقسامها على أساس اتجاه مستوى الانقسام. هذه المصطلحات هى المرستيم الكتلى Mass meristem والمرستيم الصفى File meristem والمرستيم الصفيحى Plate meristem.

المرستيم الكتلى ينمو بالانقسام في كل الاتجاهات فينتج عنه أجساما كروية أو متساوية الأقطار أو غير محددة الشكل. من أمثلة هذا النمو ذلك الذي يوجد أثناء تكوين الاندوسبرم في بذور كثير من النباتات، والمراحل المبكرة في كثير من الأجنة وفي أعضاء التكاثر خلال تكوين حبوب اللقاح، والنخاع Pith والقشرة Cortex أثناء التكوين في بعض النباتات. وينشأ عن المرستيم الصفى صفوف متوازية طوليا من الخلايا نتيجة للانقسام بمستوى عمودى على المحور الطولى لصف الخلايا وأيضا على المحور الطولى لعضو النبات. هذا النوع من النمو تتميز به أجزاء النبات الأسطوانية الطولية وتتضح صورته في تكوين القشرة في الجذر والقشرة والنخاع في السيقان الحديثة. والمرستيم الصفيحى يتميز بأن النمو فيه يحدث أساسيا بالانقسام العمودى على السطح ويكون

نتيجة لذلك زيادة الرقعة بدرجة كبيرة كما يحدث في الأوراق بينما لاتزداد عدد طبقات الخلايا الموجودة أصلا، وبذلك ينتج تركيب يشبه الصفيحة.

والمرستيمان الصفيحى والصفى هما نموذجى النمو اللذان يحدثان أساسيا في المرستيم الأساسى Ground Meristem. هذان المرستيمان يحددان الشكلين الأساسيين لجسم النبات وهما النصل المنبسط الرفيع للأعضاء الشبية بالأوراق من ناحية، والتراكيب الأسطوانية الطويلة التي توجد في الجدار والساق، وعنق الورقة من ناحية أخرى.

المرستيمات القمية APICAL MERISTEMS

وهي أنسجة انشائية تقع عند أطراف السيقان والجذور وفروعها وتتميز بالانقسام الخلوى المستمر. كثيرا يستخدم مصطلح قمة الساق Shoot apex وقمة الجذر Root apex للدلالة على المرستيم القمى لكل من الساق والجذر. وأحيانا يستخدم مصطلح قمة نامية Growing point للدلالة على المرستيم القمى في الجذر أو الساق. هذا المصطلح الأخير غير دقيق حيث يدل على مساحة محدودة أو نقطة للنمو، بينما في الحقيقة، هذا الجزء يمثل منطقة نشوء الأنسجة الابتدائية للساق. واذا كان النمو، من الناحية المورفولوجية، يعتبر زيادة في حجم الخلايا والأنسجة والأعضاء، فان مقداره يكون عند الحد الأدنى في القمة النامية وأكثر وضوحا بعيدا عنها في المشتقات الخلوية، أى الخلايا الوليدة حديثة النشأة. ومن ناحية أخرى، فان انقسام الخلايا، وهو أول مراحل النمو، لاينحصر في القمة النامية للساق، وانما يمتد لمسافة عدة سلاميات أسفل المرستيم القمى. وفي الساق، تكون الانقسامات الخلوية أكبر ما يمكن عند مناطق نشوء بدايات الأوراق.

ونشاط هذه المرستيمات يؤدى الى تكوين الأنسجة الابتدائية لجسم النبات واستطالة الأعضاء التي تقع عند أطرافها. لقد اكتشف Wolf المرستيم القمى في عام ١٧٥٩ كمنطقة ينبثق منها النمو في النبات.

المرستيم القمى لسيقان النباتات مغطاه البذور

المرستيم القمى للساق هو المنطقة الطرفية التي تعلو أحدث بداية ورقية Leaf primordium ويتنوع شكل وحجم المرستيم القمى في النباتات مغطاه البذور، كما يتغير هذا الشكل والحجم اذا كان المرستيم نشطا أو ساكنا، وخلال مراحل النمو الخضرى والزهرى. في كثير من النباتات مغطاه البذور، يكون المرستيم القمى على شكل قبة، وقد يكون مستويا أو محدبا نوعا، أو مخروطى متطاول كما في النجيليات. ويتراوح قطر المرستيم القمى للساق بين ٩٠ ميكرون في بعض الحشائش و١٣٠-٢٠٠ ميكرون في

ذوات الفلقتين. كما يبلغ القطر حوالى ٥٠٠ ميكرون في النبات الناضج لبعض أنواع النخيل، وحوالى ٧٠٠-٩٠٠ ميكرون في بعض أنواع الصبار.

ويتميز في طرف المرستيم القمى للساق منطقة محدودة صغيرة تسمى المرستيم الأول Promeristem تتألف من خلايا مرستيمية منشئة له تسمى البدايات القمية Apical Initials وتشمل أيضا خلاياها الوليدة المشتقة حديثة النشأة. والبدايات، هي التي تضيف الى النبات خلايا جديدة مع الاحتفاظ بصفاتها بصفة دائمة.
هذه البداءات لاتختلف أو تختلف قليلا عن خلاياها المشتقة، كما أن من الصعب تحديد عدد الخلايا المنشئة، فهذا العدد قد لايبقى ثابتا.

والبدايات القمية تترتب، في مغطاه البذور، في طبقتين أو أكثر، وتتميز بأنها صغيرة الحجم، جدرها رقيقة، ذات سيتوبلازم نشط، نواتها كبيرة توجد في وسط الخلية، والمسافات البينية دقيقة جدا أو غير موجودة. حينما تبدأ الخلايا المشتقة تتغير في شكلها وحجمها ومحتوياتها وصبغات جدرها، وكذلك ترتيبها بالنسبة لبعضها، فانها عندئذ تصبح خارجة عن نطاق المرستيم الأول حيث تتجه حينئذ نحو التخصص الخلوى.

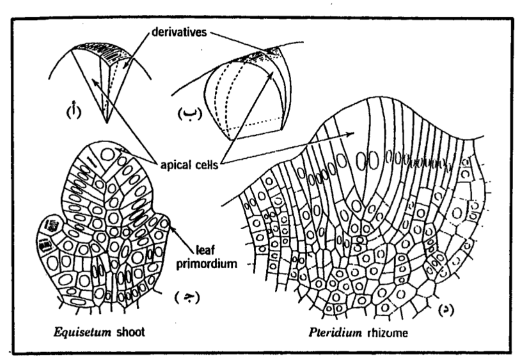
نظريات التميز التركيبي في المرستيمات القمية

يتركب المرستيم القمى في سيقان النباتات مغطاه البذور من عدد كبير من خلايا مرستيمية تنتظم في مناطق تختلف كل منها عن غيرها في عدد الخلايا المنشئة، وحجم الخلية ومدى النشاط في الانقسام الخلوى ومستوى سطوح الانقسام.

ومنذ أن عرفت قمة الساق، اتجه الباحثون الى تحديد مناطقها وخدمات خلاياها والأنسجة الناتجة عنها. ولقد اقترحت عدة نظريات تتناول التميز التركيبي للمرستيمات القيمة في السيقان والجذور وعدد البدايات الخلوية بها ونشأة الأنسجة منها. ويمكن تلخيص هذه النظريات فيما يلي:

١ - نظرية الخلية القمية The Apical Cell Theory

أظهرت دراسة المرستيمات القمية لكثير من الطحالب Algae والنباتات الحزازية Bryophyta وكثير من السراخس Pteridophyta وجود خلية انشائية قمية واحدة تنشأ منها أنسجة سيقان هذه النباتات اللابذرية. تتميز هذه الخلية عن الخلايا المجاورة لها في شكلها وحجمها، وبفجواتها العصارية الكبيرة. أكثر أشكال هذه الخلية شيوعا هو الشكل الهرمى المقلوب (شكل ٥٣)، قاعدته تمثل السطح الخارجى للخلية في طرف المرستيم القمى. والأسطح الثلاث الأخرى داخلية جانبية. تنشأ المشتقات الخلوية لهذه الخلية القمية نتيجة للانقسامات الموازية للثلاث أسطح الجانبية الداخلية في تتابع



(شكل ٥٣): الخلية القمية في السيقان والريزومات.
(أ، ب) شكلان من الخلية القمية: الهرمى (أ) والعدسى، (ب) (جـ، ء) قطاعات طولية في المرستيم القمى توضح وضع الخلية القمية في ساق (جـ) وريزوم، (د) نبات من السراخس.

منتظم. وتستمر المشتقات الخلوية في النمو والانقسام لتكوين أنسجة النبات. ويصغر حجم هذه الخلية القمية بعد كل انقسام ولكن لا تلبث أن تسترجع حجمها الأصلى. وهناك نباتات تكون الخلية القمية فيها عدسية الشكل Lens-shaped وغيرها وتدية Wedge-shaped. ولقد اقترح Nagelli نظرية الخلية القمية في عام ١٨٥٨ ولقد أوضحت هذه النظرية الأهمية المورفولوجية في تميز المرستيم القمى الى مناطق. وأدى اكتشاف هذه الخلية القمية الى افتراض أن أمثالها توجد في النباتات البذرية، غير أن الدراسات العديدة أوضحت خطأ هذا الاتجاه عند تناول المرستيمات القمية المغطاه البذور، فتركيب هذه المرستيمات مختلفة.ومعقد، كما أن أجزاء جسم النبات ذات أصول متميزة. وتبعا لذلك، فان نظرية الخلية القمية لاتطبق على النباتات مغطاة البذور.

٢ ـ نظرية نشوء الأنسجة The Histogen Theory

اقترح هذه النظرية Hanstein في عام ١٨٦٨ بعد دراسات مستفيضة لعديد من سيقان وجذور النباتات مغطاة البذور. ولقد وضح أن قمة الساق أو الجذر تتضمن ثلاث مناطق مرستيمية أطلق عليها مصطلح منشئات الأنسجة Histogens أى بناء

الأنسجة، فكل منها يبنى جزءا معينا من عضو النبات. كما وضح أن كل منطقة تنشأ من بداية خلوية مستقلة أو أكثر توجد في طرف المرستيم القمى تسمى بمنطقة المرستيم الأول Promeristem (شكل ٥٤).

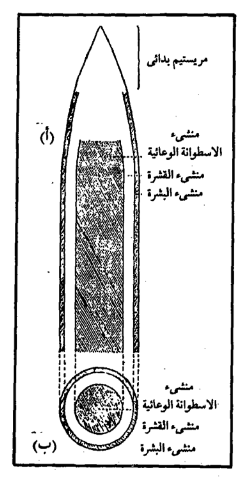
والمنشئات الثلاث هي:

١ ـ ***منشيء البشرة*** Dermatogen وهي الطبقة الخارجية للمرستيم القمى، تتركب من صف واحد من الخلايا وينشأ عنها نسيج البشرة في سيقان مغطاة البذور.

٢ ـ ***منشيء القشرة*** Periblem وهي طبقة أو أكثر تبطن منشيء البشرة ينشأ عنها نسيج القشرة في الساق.

٣ ـ ***منشيء الأسطوانة الوعائية*** Plerome وتشمل المنطقة الداخلية من المرستيم الأول وتكون محاطة بمنشيء القشرة. يتركب من خلايا غير منتظمة الترتيب، تنشأ منه الأنسجة الوعائية الابتدائية للساق والنخاع Pith.

وأوضحت هذه النظرية أن البداءات المنشئة هى مجموعة من الخلايا وليس خلية واحدة كما هو الحال في نظرية الخلية القمية، كما أنه توجد ثلاثة منشئات تتكون منها أنسجة جسم النبات وليست خلية انشائية واحدة. وتنشأ كل منطقة من خلية واحدة أو بضع خلايا انشائية تترتب في صفوف متتالية في الجزء الطرفي من المرستيم القمى.



(شكل ٥٤): رسم تخطيطى لقمة المحور يبين منشئات الطبقات.
أ ـ قطاع طولى. ب ـ قطاع عرضى

ورغم أن نظرية نشوء الأنسجة قد ساد استخدامها في النواحى التشريحية للأنسجة والأعضاء في مغطاه البذور حوالى خمسون عاما، وحفزت الباحثين إلى القيام بمزيد من الدراسات عن المرستيمات القمية المغطاه البذور، الا أنها لم تعد تستخدم بالنسبة للسيقان في العقدين الأولين من القرن العشرين لزيادة الأهتمام بالدراسات التشريحية للمرستيمات القمية وما أسفرت عنها من نتائج، وتتضح فيما يأتى:

١ ـ تعزز تمييز المنشئات في المرستيمات القمية لبعض النباتات.

٢ ـ اختلاف تخصص كل منطقة في انشاء الأنسجة، فمثلا منشىء الأسطوانة الوعائية قد ينشأ عنه النخاع فقط، أو ينشأ عنه الأسطوانة الوعائية وجزء من القشرة. وبالاضافة الى ذلك، فقد يقوم منشىء القشرة بتكوين الأنسجة الخارجية للأسطوانة الوعائية علاوة على القشرة أو جزء منها. علاوة على أن نشاط المناطق المنشئة قد يختلف في المحاور المتناظرة في نفس النبات.

ورغم أن نظرية هانشتين Hanstein قد طويت تقريبا بالنسبة للمرستيمات القمية للسيقان، فانها تستخدم كثيرا في وصف المرسيتمات القمية لجذور النباتات مغطاة البذور.

منشأ ودور الأنسجة المرستيمية الإبتدائية

مصطلح المرستيمات الابتدائية Primary meristems يدل على تجمعات من خلايا مرستيمية مشتقة من المرستيم الأول تنشأ عنها الأنسجة الابتدائية لجسم النبات.

في عام ١٩١٤ اقترح هابرلاندت Haberlandt استخدام المصطلحات التالية للدلالة على المرستيمات الابتدائية:

١ ـ **البشرة الأولية** Protoderm وينشأ منها البشرة وغيرها من بعض الأنسجة الداخلية. والبشرة الأولية هى الطبقة الخارجية للمرستيم القمى سواء نشأت عن بديات مستقلة أم غيرها وسواء نتجت عنها البشرة فقط أو البشرة مع جزء آخر يقع الى الداخل منها.

٢ ـ **الكامبيوم الأول** Procambium وينشأ عنه النسيج الوعائى الابتدائى، وكذلك الكامبيوم الحزمى Fascicular cambium في سيقان النباتات ذوات الفلقتين. ويبدو أن هذا المصطلح غير مقنع لأنه عند نضج الأسطوانة الوعائية في الجذر فانها تحتوى على أنسجة غير وعائية مثل الطبقة المحيطة Pericycle وأحيانا النخاع Pith.

٣ ـ **المرستيم الأساسى** Ground Meristem وهو الجزء المتبقى من النسيج المرستيمى بعد تميز البشرة الأولية والكامبيوم الأول. وينشأ من هذا المرستيم انسجة متنوعة

مثل القشرة في كل من الساق والجذر، والنخاع في سيقان ذوات الفلقتين، والنسيج الأساسى في سيقان ذوات الفلقة الواحدة والنسيج المتوسط في الورقة.

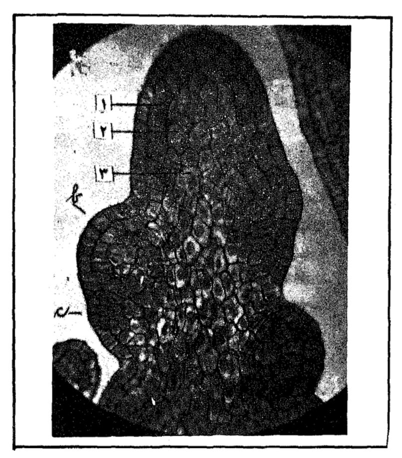
وترتبط هذه المصطلحات الثلاثة مع التصنيف البسيط للأنسجة الناضجة الى الأجهزة النسيجية الثلاثة وهى جهاز البشرة والجهاز الوعائى والجهاز الأساسى.

نظرية الغطاء والبدن Tunica – Corpus Theory

نتيجة للدراسات المستفيضة لعديد من قمم سيقان مغطاة البذور، اقترح شميدت Schmidt عام ١٩٢٤ نظريته المعروفة باسم الغطاء والبدن الخاصة بالمرستيمات القمية.

وبموجب هذه النظرية، يتميز في المرستيم القمى منطقتان مرستيميتان بدلا من ثلاث كما في نظرية أصل الأنسجة، الأولى، الخارجية، تسمى الغطاء Tunica بينما، الثانية، الداخلية، تسمى البدن Corpus. تختلف خلايا المنطقتان في التركيب ومنهج الانقسام الخلوى، وكل منهما مستقل في منشئة (شكل ٥٥) والغطاء يمثل الطبقة أو الطبقات الخارجية للمرستيم القمى. وتتفاوت عدد طبقات الغطاء بين طبقة واحدة من صف واحد من الخلايا وعدة طبقات، وغالبا طبقتين أو ثلاث كل منها وحيدة الصف Uniseriate layer. وأكثر أنواع الغطاء شيوعا يتركب من طبقتين أو ثلاث في ذوات الفلقتين، بينما في ذوات الفلقة الواحدة كما في النجيليات فان عدد الطبقات يتراوح بين طبقة واحدة أو ثلاث طبقات (شكل ٥٥). في بعض العائلات الرئيسية مثل المركبة As-teraceae والوردية Rosaceae يتركب الغطاء من عدة طبقات خلوية. وبصفة عامة، التنوع في عدد طبقات الغطاء يكون شائعا في ذوات الفلقتين بدرجة أكبر من ذوات الفلقة الواحدة. وعموما فان عدد طبقات الغطاء يختلف تبعا للنوع والجنس، وقد يختلف العدد في المحاور المختلفة للنبات الواحد، وخلايا الغطاء أصغر حجما من خلايا البدن، منتظمة الحجم، وتنقسم بمستوى عمودى Anticlinical عادة على السطح. ولهذا فان النمو فيها يزيد من مساحة الرقعة السطحية. وتظهر الخلايا متطاولة في القطاع الطولى، وتبقى كل طبقة متميزة في المرستيم القمى، ويكون البروتوبلاست داكن اللون عند الصبغ. وتنشأ كل طبقة من طبقات الغطاء من مجموعة منفصلة من البداءات القمية، تمثل مركزا وسطا في طرف المرستيم الأول، وبانقسامها عموديا تتكون مشتقاتها المرستيمية التي تنقسم بدورها لتضيف خلايا جديدة الى المحيط الخارجى لقمة النبات. وينشأ من خلايا الغطاء نسيج البشرة في الساق، واذا تعددت الطبقات فان البشرة تنشأ من الطبقة السطحية، بينما ينشأ جزء من القشرة من الطبقات الأخرى. وتشارك خلايا الغطاء أيضا في تكوين بدايات الأوراق Leaf primordia.

والبدن هو الجزء الأوسط للمرستيم القمى الذي يغلفه تماما الغطاء. وخلايا البدن



(شكل ٥٥): يوضح تركيب المرستيم القمى عند بداية تكوين النورة في نبات من النجيليات، كما يوضح التيونيكا ذات الطبقتين وبدايات السنيبلات (١) التيونيكا (٢، ٣) الكوربس.

أكبر حجما من خلايا الغطاء وهى غير منتظمة الشكل، وتشاهد مستديرة في القطاع العرضى، وعند الصبغ يكون البروتوبلاست خفيف اللون. وقد يكون البدن نحيفا أو سميكا. وينشأ البدن من طبقة واحدة من البداءات القمية تقع تحت بدايات الغطاء في المرستيم الأول بطرف المرستيم القمى. وطبقا لهذا، فان عدد طبقات البدايات الخلوية في المرستيم القمى للساق يكون مساويا لعدد طبقات بدايات الغطاء مضافا اليه طبقة واحدة من البدايات للبدن.

والانقسامات الخلوية قليلة الحدوث في خلايا البدن وتحدث في جميع المستويات، لهذا يسود النمو في الحجم، ويكون ترتيب الخلايا غير منتظم. وينتج عن انقسامات خلايا البدن ومشتقاتها نسيج القشرة أو معظمه، والأسطوانة الوعائية في الساق، كما يشترك أيضا في تكوين بدايات الأوراق.

والانقسامات الخلوية في خلايا الغطاء تحدث بدرجة أكبر منها في خلايا البدن. عدد

البدايات الخلوية في المرستيم الأول يتراوح بين بضع خلايا وعدد غير قليل منها. أحيانا في المرستيهات القمية النحيفة، مثل مرستيهات النجيليات، توجد بداية واحدة أو اثنان في الغطاء، واثنين أو أكثر في البدن. ومع هذا، فان تحديد عدد البدايات الخلوية، باعتبارها تخلد نفسها، يكون كثيرا أمرا صعبا، نظراً لأن هذه البداءات لاتختلف أو تختلف قليلا عن مشتقاتها المباشرة، من الناحية المورفولوجية. تحت منطقة البداءات الخلوية ومشتقاتها المباشرة، تبدأ الخلايا تغيرا في الشكل والحجم والترتيب والمحتويات تمهيدا لتكوين الأنسجة الابتدائية الجديدة التي يبنى منها جسم النبات.

ولقد وجد أن الحدود بين الغطاء والبدن تتأرجح درجة وضوحها حتى في النوع الواحد بالنسبة لموقع المرستيم القمى في النبات وحالة النمو الخضرى وموسم النمو. في بعض الأحيان يكون تمييز الحدود أمرا صعبا أو مشكوكا فيه، وأحيانا لايظهر أى تمييز بين الغطاء والبدن. ففي بعض النجيليات، مثلا، توجد طبقة واحدة خارجية تنقسم خلاياها بمستوى موازى للسطح بالاضافة الى الانقسامات العمودية، الأمر الذي يؤكد عدم امكانية الفصل المورفولوجي الدقيق بين الغطاء والبدن.

وتتركز الصعوبة في تحديد كل من الغطاء والبدن في مدى وضوح الطبقة الخارجية من البدن والتي تحدث كثيرا فيها انقسامات عمودية وتبدو انتقالية في طبيعتها بين الغطاء والبدن.

ونظرية الغطاء والبدن لاتزال شائعة التطبيق في سيقان النباتات مغطاة البذور مع حدوث بعض التحورات فيها. ولقد أضافت هذه النظرية الكثير من المعرفة عن أصل الأعضاء الجانبية للساق ومراحل نموها المبكرة، كما أوضحت أيضا طابعى النمو السطحى والنمو في الحجم في المرستيم القمى.

هذا، وقد يكون عدد طبقات الغطاء ذات أهمية تقسيمية، فمن المحتمل أن يكون عدد طبقات الغطاء دليلا على رقى المجموعة النباتية عن ذات العدد الأقل.

وتحت منطقة الغطاء والبدن في المرستيم القمى تتميز منطقة انتقالية بين الخلايا المرستيمية الطرفية والخلايا الناضجة. الخلايا في وهذه المنطقة تكون كبيرة وتترتب في صفوف طولية متوازية. وهذه المنطقة تعرف بالمرستيم الضلعى Rib meristem.

المرستيم القمى في الجذور

يتميز المرستيم القمى في جذور النباتات مغطاة البذور بوجود تركيب طرفى واق يسمى القلنسوة Root cap ولهذا يوصف بأنه تحت طرفى Subterminal. ولا يتكون من المرستيم القمى للجذر أعضاء جانبية تقابل الأوراق والأفرع والأزهار في الساق، حتى

الجذور الجانبية تنشأ بعيدا عنه داخليا من الدائرة المحيطة Pericycle. ويحدث النمو في القلنسوة والجذر حيث تتكون أنسجة ابتدائية جديدة تضاف الى الجسم الابتدائي للجذر.

ونظرا لعدم وجود اوراق أو أفرع جانبية تنشأ من المرستيم القمى للجذر، فلا تحدث في هذا المرستيم تغيرات متعاقبة في الشكل أو الحجم كما هو الحال في المرستيم القمى للساق. وكما كانت العقد والسلاميات غير موجودة في الجذر، فان نموه في الطول يكون أكثر انتظاما منه في الساق. وتحدث استطالة نسيج القشرة في الجذر بالمرستيم الضلعي Rib meristem حيث تنشأ صفوف متوازية طوليا من الخلايا نتيجة لانقسام المشتقات الخلوية بمستوى عمودى على المحور الطولى للجذر. والمرستيم القمى يكون قصيرا في الجذر اذا ماقورن في الساق.

والجزء الطرفى من المرستيم القمى للجذر يسمى، كما هو الحال في الساق، المرستيم الأول Protomeristem.

نظرية الغطاء والبدن لاتطبق بالنسبة للجذر، نظرا لاختلاف تركيب المرستيم القمى به عن نظيرة في الساق، بصفة أساسية، لوجود القلنسوة ولعدم تكوين المحاور الجانبية مثل الأوراق والأفرع والنورات أو الأزهار وغيرها.

ورغم أن مصطلحات نظرية نشوة الأنسجة لم تعد تستخدم في حالة المرستيمات القمية للساق، فمازالت تستخدم بالنسبة للجذر لتدل على مناطق النمو فيه، ولقد أضيف اليها منشىء للقلنسوة اذا كان منشأها مستقلا.

وفي النباتات مغطاة البذور، توجد غالبا ثلاث مجموعات من البداءات أو الخلايا المنشئة، ونادرا تكون أربعة في طرف المرستيم القمى للجذر. وتترتب بداءات كل مجموعة في صف واحد، يتألف من خلية واحدة أو أكثر. وتترتب صفوف البداءات متلاصقة فوق بعضها موازية للمحور الطولى للجذر، كل صف ينشأ عنه منطقة نمو وأحيانا منطقتان. والمرستيمات القمية في الجذور الجانبية تماثل في كثير أو قليل نظيرتها في الجذور الأصلية.

وفي معظم النباتات ذوات الفلقتين يحتوى المرستيم القمى في طرفه، أى في المرستيم الأول، على ثلاث طبقات من البداءات الخلوية، كل منها يتميز فيه بداءة خلوية واحدة أو بضع بداءات مرتبة في صف واحد.

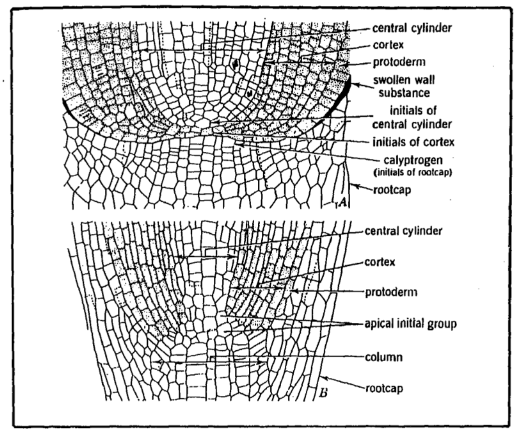
وتنشأ القلنسوة والبشرة معا من الطبقة الخارجية التي تسمى منشىء البشرة والقلنسوة Dermato Calyptrogen والطبقة الوسطى من البداءات ينشأ عنها منشىء القشرة Perib-lem الذي يتكشف عنه نسيج القشرة Cortex والطبقة الداخلية ينشأ عنها منشىء

الأسطوانة الوعائية Plerome الذي يتكشف عنه الأسطوانة الوعائية Vascular cylinder. من الواضح في هذا النمو، أن الجزئين الواقيين في الجذر وهما القلنسوة والبشرة ينشأن معا من أصل واحد أى من نفس طبقة البداءات الخلوية. وتبعا لذلك، يمكن اعتبار القلنسوة، من الناحية المورفولوجية، كنمو متخصص من البشرة. ويوجد هذا النوع من قمم الجذور ذات المنشأ الواحد للقلنسوة والبشرة في كثير من العائلات ذوات الفلقتين مثل نباتات العائلة الوردية Rosaceae والصليبية Brassicaceae والمركبة Asteraceae والباذنجانية Solanaceae.

وفي عدد من نباتات عائلات أخرى من ذوات الفلقتين مثل الكازورانية Casuarinaceae والبقولية Leguminosae وبعض أفراد Amentiferae تنشأ كل أنسجة الجذر من مجموعة من خلايا انشائية عامة، فلا توجد بداءات منفصلة لكل من مناطق الجذر. ويوجد هذا النموذج أيضا في بعض عائلات ذوات الفلقة الواحدة مثل الموزية Musaceae والنخيلية Arecaceae.

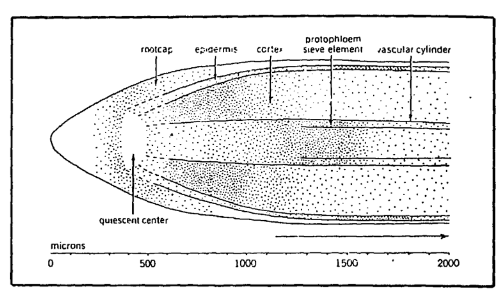
في القمم الجذرية لذوات الفلقة الواحدة، كما في النجيلية Poaceae والزنجبارية Zin-giberaceae وبعض النخيلية Arecaceae توجد أيضا ثلاث طبقات من البداءات الخلوية تنشأ منها الأربع مناطق المرستيمية المنشئة لأنسجة الجذر الابتدائية. الطبقة الخارجية من البداءات ينشأ عنها مرستيم يختص بتكوين القلنسوة يسمى منشىء القلنسوة Calyptrogen (شكل ٥٦)، وطبقة البداءات الوسطى Periblem ينشأ عنها نسيج القشرة، بينما الداخلية Plerome ينشأ عنها الأسطوانة الوعائية. البشرة في هذا النموذج تنشأ عن الطبقة الخارجية من القشرة. وأهم مايميز هذا النوع من المرستيمات القمية في ذوات الفلقة الواحدة إن للقلنسوة أصلا مستقلا وأن القشرة والبشرة ينشآن من أصل واحد. وفي نموذج آخر من ذوات الفلقة الواحدة، كما في بعض نباتات العائلة النخيلية Arecaceae تنشأ البشرة والقلنسوة معا من مرستيم مشترك يسمى Der-matocalyptrogen كما في بعض ذوات الفلقتين. وفي عدد قليل من النباتات ذوات الفلقة الواحدة مثل جنس الزقيم Pistia وعدس الماء Lemna توجد أربع مجموعات من البدايات تختص كل واحدة منها بانشاء منطقة من المناطق الأربعة المنشئة لأنسجة الجذر، وهى القلنسوة، البشرة، القشرة، والأسطوانة الوعائية. وتبعا لذلك تكون البشرة مستقلة في منشأها عن بقية المناطق، وكذلك القلنسوة.

يتضح مما تقدم، أن القلنسوة في جذور ذوات الفلقة الواحدة اما أن تنشأ من أصل مستقل بها يسمى Calyptrogen أو تنشأ مشتركة مع البشرة من أصل واحد يسمى Der-.matocalyptrogen



(شكل ٥٦): قطاع طولى في المرستيم القمى لجذر نبات الذرة. القلنسوة تنشأ من مرستيم خاص بها (منشىء القلنسوة)، بينما القشرة والبشرة ينشأن من مرستيم واحد. والأسطوانة الوعائية تنشأ من منشئها (بليروم).

ولقد أوضح Clowes أن منطقة البدايات الخلوية، طبقا لنظرية أصل الأنسجة، تكون خاملة تتميز بعدم النشاط النسبى لخلاياها في الانقسام الخلوى، وأن هذا الانقسام يكون أكثر نشاطا بعيدا عن منطقة البدايات. وتبعا لذلك توجد منطقة طرفية بالمرستيم الأول للجذر تسمى منطقة السكون Quiscent region تقع بين قلنسوة الجذر ومنطقة أخرى تتميز بانقسام خلوى نشط (شكل ٥٧). ومقدار الحامض النووى والبروتين يكون منخفضا في منطقة السكون. وأشار Clowes الى أن منطقة السكون تعتبر ظاهرة عامة في جميع الجذور، وتحدث فيها انقسامات قليلة بين فترة وأخرى. ففي الجذور الصغيرة، قد لاتكون منطقة السكون موجودة. وبالرغم من أن منطقة السكون ليست واضحة تماما، إلا أنها تعتبر مخزنا خلويا يعوض الخلايا التالفة، ويسترجع بذلك النمو اذا توقف، كما تعتبر مركزا لبناء البدايات الخلوية والأوكسينات Auxins. وخلايا منطقة السكون، تنشط في الانقسام الخلوى خلال فترات تكوين الجذور.



(شكل ٥٧): رسم تخطيطي للجزء الطرفي من جذر البصل كما يظهر في قطاع طولي يوضح توزيع النشاط المرستيمي تبعا لكثافة النقط السوداء، وعدم وجود هذا النشاط في منطقة المرستيم القمي منطقة السكون.

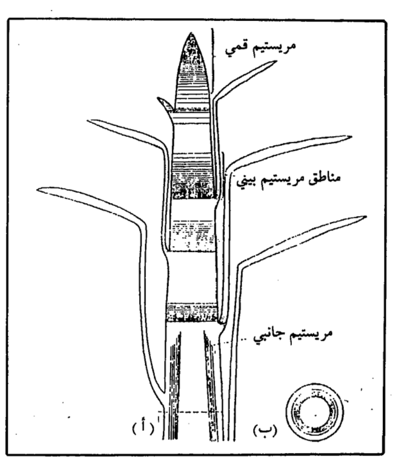
ومنطقة الانقسام الخلوى السريع في الجذر لاتوجد في المرستيم الأول Promeristem بل بعيدة الى حد ما عنه خيث تصل الى ذروتها عند حوالى ملليمتر واحد من الطرف الجذرى كما في البصل Allium (شكل ٥٧). والمنطقة التي يصل فيها الانقسام الخلوى الى ذروته تختلف من نسيج الى آخر. فمعظم الزيادة في طول الجذر تنتج عن استطالة الخلايا. ولقد وجد أن الاستطالة في جذر الذرة Zea تحدث في منطقة يتراوح مداها بين ٨-١٠ ملليمترات، وتبدأ الاستطالة الكبرى عند حوالى ٤ ملليمتر حيث تستطيل الخلايا فقط دون انقسام خلوى.

المرستيمات البينية INTERCALARY MERISTEMS

وهي مناطق مرستيمية مشتقة من المرستيم القمي للساق، تنعزل عنه أثناء النمو ويفصلها عنه طبقات من أنسجة ناضجة. وتختلف المرستيمات البينية عن القمة في عدم وجود المرستيم الأول وأنها تحتوى على بعض عناصر من اللحاء الأول Protophloem والخشب الأول Protoxylem في مراحل مختلفة من التكشف Differentiation وتتحول هذه المرستيمات في النهاية الى أنسجة بالغة. وتقع هذه المرستيمات بين مناطق تكشفت أنسجاتها الى حد ما، وتوجد في معظم النباتات عند قواعد السلاميات، أو توجد في وسطها أو عند القمة في نباتات أخرى.

وأبرز الأمثلة لهذه المرستيمات تلك التي توجد عند قواعد السلاميات وأغماد الأوراق في نباتات العائلة النجيلية Poaceae وحيث تحدث استطالة السلاميات وأغماد الأوراق نتيجة لنشاط المرستيمات البينية فيها (شكل ٥٨). وأحيانا توجد المرستيمات البينية عند قمة السلامية كما في النعناع Mentha أو عنق الورقة كما في البشنين Nymphea أو عند قمة الحامل الزهرى كما في الفول السودانى Arachis hypogaea والهندباء Taraxacum.

ووجود المرستيم البينى بين مناطق ناضجة قد يعوق استمرار امتداد الأنسجة الوعائية ويضعف تركيب الساق والورقة، اذا لم يكن متكشفا تماما. ونشاط هذه المرستيمات يعتبر مظهرا موضعيا للنمو الابتدائى، والمسئول عن الشكل والحجم النهائيين لأعضاء النبات مثل الأوراق والأزهار والثمار وغيرها. وهذه الأعضاء يحدث فيها انقسامات خلوية لفترة من الزمن بعد نشوئها من المرستيم القمى، أما ما يعقب ذلك من زيادة مستمرة في الحجم فيمكن اعتباره نموا بينيا أقل تحديدا للموضع كما هو الحال في النجيليات.



(شكل ٥٨): رسم تخطيطى يبين مواضع المرستيمات.
أ - منظر طولى ب - قطاع عرضى

المرستيمات الجانبيـة LATERAL MERISTEMS

وهي مرستيمات توجـد بعيدا عن قمم السيقـان والجذور، تتكون من خلايا منشئة تنقسم غالبا موازية للسطح الخارجى للعضو الذي توجد فيه كالسيقان والجذور. ينتج عن نشاط هذه المرستيمات زيادة في قطر عضو النبات فهى تضيف الى الأنسجة الموجودة أو تنشيء أنسجة جديدة. من أمثلة المرستيمات الجانبية الكامبيوم الوعائى Vascular cambium والكـامبيوم الفلينى Phellogen. والأنسجة التي تنشأ عن المرستيمات الجانبية تسمى الأنسجة الثانوية Secondary tissues. هذه الأنسجة تتميز الى مجموعتين، أنسجة وعائية تتكون من الكامبيوم الوعائى وأخرى واقية تنشأ من الكامبيوم الفلينى. ومعظم ذوات الفلقة الواحدة الضخمة مثل أنواع النخيل وغيرها من جنس يوكا Yucca يحدث بها نمو ثانوى من نوع خاص.

الكامبيوم الوعائى The Vascular Cambium

وهو مرستيم جانبى تنشـأ عنه الأنسجة الوعائية الثانوية التي تمثل الجزء الأكبر من محور جسم النبات الناضج. ويوجد الكامبيوم الوعائى في معظم سيقان وجذور النباتات الخشبية ذات الفلقتين على شكل أسطوانة من صف واحد من الخلايا الانشائية، تتجزأ فقط، في حالة السيقان، بواسطة فجوات الأوراق Leaf gaps وفجوات الفروع Branch gaps. كما يوجد على شكل أشرطة من صف واحد في أعناق الأوراق والعروق التي تزداد في السمك. وإذا كانت الأنسجة الوعائية الثانوية في الساق في صورة حزم منفصلة، كما في بعض النباتات الحولية، يبقى الكامبيوم في هذه الأشرطة على هيئة شرائح طولية من صف واحد من الخلايا.

أنـواع الخلايـــا

يتميز في الكامبيوم الوعائى نوعان من البداءات الخلوية، يتمثلان في تركيبهما الدقيق غير أنهما يختلفـان في الشكل والحجم، كما يختلفان أيضا في أنواع الخلايا الناتجة، وهما البداءات مغزلية الشكل، وبداءات الأشعة.

أ - *البداءات مغزلية الشكل* Fusiform Initials

وهي خلايا انشـائية، متـطاولة في اتجاه المحور الطولى للنبات، اطرافها مستدقة. والبداءات المغزلية تظهر في القطاعات العرضية مستطيلة الشكل، محورها المماسي أطول عدة مرات بالنسبة للقطرى. وتتباين البداءات المغزلية تباينا كبيرا في أطوالها، ويتوقف ذلـك على نوع النبـات. فمثـلا، يبلغ طول البداءة الخلوية في الحور Populus حوالى

٤٩ر٠ من المللميتر، والكمثرى Pyrus حوالى ٥٣ر٠ وشجرة الجراد Robinia حوالى ١٧ر٠ وفي الجوز Juglans حوالى ٦ر٠ ولسان العصفور Fraxinus حوالى ٢٩ر٠ من المللميتر. ويختلف الطول أيضا في النوع الواحد تبعا لظروف النمو. ولقد وضح أن البداءات المغزلية تزداد قليلا في الطول بتقدم عمر الشجرة، غير أنها تتوقف عن الزيادة بعد وصولها الى حد معين. ويؤدى التغير في حجم هذه الخلايا الى حدوث تغيير مماثل فيما ينتج عنها من خلايا الخشب واللحاء الثانويين.

ومع هذا، فان أقصى حجم تصل اليه الخلايا الثانوية يتوقف، جزئيا، على حجم بداءات الكامبيوم، حيث أنه قد يحدث تغير في الحجم أيضا خلال تكشف هذه الخلايا.

وتتفاوت البداءات المغزلية تفاوتا كبيرا في حجومها تبعا لنوع النبات. فمثلا، طول البداءة المغزلية في شجرة الجراد Robinia حوالى ١٧٠ ميكرون، ٢٠ ميكرون في العرض المماسى، ٧ ميكرون في العرض القطرى. وفي جنس الجوز، حيث بداءاته طويلة، يبلغ الطول ٦٠٠ ميكرون، والعرض المماسي ٢٥ ميكرون والقطرى ٨ ميكرون.

ترتيب البداءات المغزليــــة

في القطاعات المماسية للكامبيوم الوعائى تشاهد البداءات المغزلية مرتبة تبعا لأى من النظامين التاليين:

أ ــ تترتب الخلايا في طبقات أفقية، وتظهر أطراف خلايا كل طبقة في مستوى واحد تقريبا. ويعرف مثل هذا الكامبيوم باسم الطبقي أو المصفوف Stratified Cambium وهو من مميزات النباتات ذات البداءات المغزلية القصيرة مثل شجرة الجراد Robinia (شكل ٥٩) والكاكى Diospyrus.

ب ــ الخلايا لاتترتب في طبقات أفقية، وانما تتراكب أطرافها فوق بعضها البعض. وهذا النوع يسمى الكامبيوم غير الطبقى أو غير المصفوف Nonstratified cambium. ويتميز بهذا النوع النباتات ذات البداءات المغزلية الطويلة مثل الكمثرى Pyrus والصفصاف Salix والجوز Juglans. ويعتبر النوع المصفوف أرقى في تطوره عن غير المصفوف، وفي النوع البدائى تتباين البداءات في الطول بدرجة أكبر.

ب ـ *بـــداءات الأشعـــة* Ray Initials

وهي خلايا منتظمة الشكل، متماثلة الأقطار تقريبا، صغيرة الحجم نسبيا، تتنوع قليلا في الشكل. ينشأ عن بداءات الأشعة الخلايا البارنكيمية التي تمتد أفقيا في نسيجى الخشب واللحاء الثانويين ويتكون عنها مايسمى بالأشعة الوعائية. وعدد بداءات

الأشعة التي تشترك في تكوين الشعاع Ray يتوقف على اتساعه الذي يختلف تبعا لنوع النبات. وعادة تشترك بداءة واحدة أو أكثر في تكوين الشعاع.

وهذه الخلايا يقل طولها كثيرا عن البداءات المغزلية. فالخلية ذات نواة واحدة، أصغر حجما من نظيرتها في البداءة المغزلية، غير أنها اذا قيست بالنسبة لحجم الخلية اعتبرت كبيرة، وذلك عند مقارنة البداءة المغزلية بنواتها التي تعتبر صغيرة بالنسبة لحجم خليتها. ومع هذا، قد تختلف البداءات المغزلية في النسبة بين النواة والسيتوبلازم Nucleo-geop-lasmic Ratio بينما تكون هذه النسبة ثابتة تقريبا في بداءات الأشعة.

تركيب خلايا الكامبيوم الوعائى:

بروتوبلاست الخلايا توجد به فجوة عصارية كبيرة أو أكثر يحيط بها طبقة رقيقة من السيتوبلازم. النواة كبيرة، وهى في الخلايا المغزلية أكثر استطالة منها في بداءات الأشعة. جدر الخلايا ابتدائية، الجدر القطرية أكثر سمكا من المماسية لاسيما خلال فترات توقف النشاط أو خلال الكمون، وذات رقعات نقرية ابتدائية يمتد خلالها روابط بلازمية.

والكامبيوم الحقيقى عبارة عن طبقة من صف واحد من خلايا انشائية دائمة. أحيانا تطلق هذه التسمية على هذه الطبقة الانشائية بالاضافة الى مشقاتها الخلوية المباشرة، الأمر الذي يجعلها متعددة الصفوف. وقد تعمل بعض صفوف الخلايا المشتقة، على كل من جانبى الكامبيوم، كخلايا انشائية قبل ان تتكشف في النهاية الى مكونات الخشب أو اللحاء الثانويين. ومع هذا، فانه من الصعب التمييز بين البداءات الخلوية ومشتقاتها الحديثة جدا.

منشأ الكامبيوم الوعائى Origin of Vascular Cambium

ينبى النسيج الوعائى الابتدائى في سيقان النباتات مغطاه البذور من الكامبيوم الأول Procambium الذي ينشأ مبكرا من المرستيم القمى لهذه السيقان. في النباتات التي لايحدث فيها نمو ثانوى، تتكشف جميع خلايا الكامبيوم الأول الى أنسجة وعائية ابتدائية، أما في النباتات ذات النمو الثانوي، لايتحول الجزء الأوسط من الكامبيوم الأول، في الحزم الوعائية، الى خلايا خشب ولحاء ابتدائيان، بل يظل هذا الجزء انشائيا بصفة دائمة ويتحول تدريجيا الى طبقة من صف واحد مماسي الوضع يسمى الكامبيوم الحزمى Fascicular cambium.

وعادة، يمتد الكامبيوم الحزمى، جانبيا، ليتحد مع أشرطة أخرى مرستيمية جانبية تنشأ من خلايا بارنكيمية، ناتجة عن المرستيم القمى، وفيما بين الحزم الوعائية تسمى

الكامبيوم بين الحزمى Interfascicular cambium فتتكون أسطوانة كاملة من الكامبيوم. في بعض النباتات العشبية، مثل جنس الشقيق Ranunculus لايحدث هذا الاتصال الجانبى، بل يظل الكامبيوم الحزمى كأشرطة طولية منفصلة.

وإذا كانت المناطق بين الحزم الوعائية واسعة، فان الانقسامات الأولى التي ينشأ عنها الكامبيوم في هذه المناطق تحدث بجانب الحزم الوعائية على امتداد الكامبيوم الحزمى. وطبقا لذلك، يصبح الكامبيوم في صورة أسطوانة جوفاء تمتد داخل العقد والسلاميات.

والكامبيوم الأول Procambium والكامبيوم الوعائى Vascular cambium ينظر اليهما على أنهما مرحلتان تطوريتان لنفس المرستيم. وتتركز الصفات الأساسية للكامبيوم الوعائى في أن البداءات الخلوية تتميز فيها بداءات مغزلية وأخرى بداءات أشعة.

ولا يتخذ الكامبيوم الوعائى صورته التي يوجد عليها الا عندما تصبح البداءات الخلوية مرتبة في صف مماسي واحد يؤدى نشاطها الى تكوين الأنسجة الوعائية الثانوية منتظمة في ترتيب قطرى.

ويبدأ تميز الكامبيوم الوعائى من الكامبيوم الأول في منطقة ما بالساق التي يحدث فيها نمو ثانوى، قبل أن تتوقف تلك المنطقة عن الاستطالة. واستطالة الساق تكون عادة مصحوبة بتكوين الكامبيوم.

الانقسام الخلوى في خلايا الكامبيوم الوعائى

لايؤدى انقسام خلايا الكامبيوم الوعائى الى تكوين العناصر الخلوية لنسيجى الخشب واللحاء الثانويين في الاتجاه القطرى على كلا الجانبين فقط، بل هى مسئولة أيضا عن مواجهة الزيادة في محيط الاسطوانة الوعائية عن طريق الانقسامات القطرية في بداءاتها.

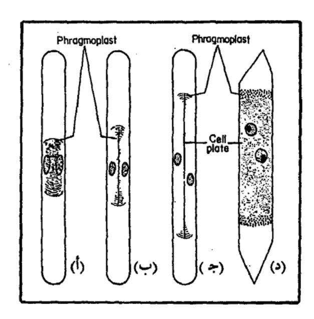
١ - انقسام البداءات المغزلية

تنشأ عن نواتج انقسام البداءات المغزلية (شكل ٥٩) جميع خلايا الخشب واللحاء الثانويين التي يكون محورها الطويل موازيا لمحور العضو الذي توجد به.

ومثال ذلك، القصيبات Tracheids وعناصر الأوعية Vessel Elements وألياف وبارنكيما الخشب في الخشب الثانوى، أما في اللحاء الثانوى فتنشأ عنها الأنابيب الغربالية Sieve Tube elements وألياف وبارنكيما اللحاء. وتنقسم البداءة المغزلية بطريقتين هما الانقسام الموازى لسطح الخلية والأخرى، بالانقسام القطرى.

أ - الانقسام الموازى لسطح الخلية Periclinal Division

يتم هذا الانقسام بمستوى مواز لسطح الخلية، ينتج عنه منطقة من خلايا مرستيمية



(شكـل ٥٩): قطاع طولى (أ، ب، جـ) يوضح خطوات أنقسام البـدائيـة المغـزليـة في الكـامبيوم الوعائي. (ء) في قطاع مماسي.

تترتب خلاياها في نظام قطرى تشمل صف واحد من الخلايا المرستيمية، يمثل الكامبيوم الوعائى الحقيقى، وعلى جانبية توجد بضعة صفوف من خلايا مرستيمية تشمل مشقاته الخلوية الحديثة.

والخلايا المشتقة الناتجة عن الانقسامات الموازية لسطح بداءات الكامبيوم الوعائى المغـزلية ينتـج عنهـا خشـب ثانوى الى الداخل من هذه المنطقة المرستيمية، أى منطقة الكامبيوم، ولحاء ثانوى الى الخارج منها. ونتيجة للانقسام الخلوى المنظم تترتب عناصر كل من الخشب واللحـاء الثـانويين في صفوف قطرية. وعادة يتكرر الانقسام الموازى لسطح الخلية مرة أو بضع مرات في الخلايا المشتقة قبل أن تتكشف في النهاية الى عناصر الخشب الثانوى. ولهذا، فإن الخشب الثانوى المتكون يزيد في مقداره بضع مرات عما يتكون من اللحاء الثانوى.

ومن الصعب تحديد عدد المرات التي تنقسم فيها الخلية المنشئة لعناصر الخشب أو اللحاء وكذلك الخلايا المشتقة.

ب ـ *الانقسام العمودى على السطح* Anticlinical Division

الانقسام الذي يحدث في البداءات المغزلية القصيرة للكامبيوم الطبقى يتم بمستوى عمودى على سطح الخلية، وبذلك توجد بداءتان مغزليتان متلاصقتان بدلا من واحدة. والزيادة في عدد بداءات الكامبيوم تكون متنوعة بازدياد مماسى في حجم الخلايا الناتجة عن الانقسام. وتبعا لذلك يزداد اتساع اسطوانة الكامبيوم محيطيا.

هذه الأسـطوانة تتحرك الى الخارج في كل موسم نمو بما يعادل سمك الخشب الثانوى

الـذي يتكـون في هذا الفصل. كما يتحرك اللحاء الثانوى أيضا الى الخارج. كما يزاح أيضا الى الخارج الأنسجة الابتدائية الأخرى وهى اللحاء والقشرة والبشرة في الساق، وفي معظم الحالات تتمزق وتموت وتنسلخ، ويتكون بريدرم واق بدلا منها. أحيانا تبقى القشرة عدة سنوات نتيجـة لقـدرة خلاياهـا على الانقسام والنمو ومواجهة الزيادة في الأنسجة الثانوية.

الانقسامات التي تحدث في البداءات المغزلية الطويلة للكامبيوم غير الطبقى تكون عرضية أو مائلة بدرجـات مختلفـة، لتكـوين بداءات جديدة. في هذه الحالة، تكون الانقسامات متبوعة بزيادة حجم الخلايا الوليدة ونموها وتوغلها بين الخلايا المجاورة. وخـلال هذا النمـو التوغلى تستطيل أطراف الخلايا الناتجة حتى تصل الى طول الخلية الأم. وقد تتشعب أطراف هذه الخلايا أثناء نموها.

وتنقسم البـداءات المغـزلية قطريا لتتكـون بداءات اشعة جديدة وبذلك تسهم في زيادة محيط الأسطوانة الوعائية. وقد تسهم أكثر مـن بـداءة مغـزلية فـي تكوين الأشعـة الوعائية العريضة.

٢ - انقسامات بداءات الأشعـة

وحدوث الانقسامان المماسي والقطرى، ليس مقصورا على البداءات المغزلية، وانما يحدثـان أيضـا في بداءات الأشعـة. فالانقسـام المـماسى يؤدى الى زيادة طول الأشعة الوعائية في كل من الخشب واللحاء الثانويين. ويزداد عدد بداءات الأشعة في أسطوانة الكـامبيوم نتيجة للانقسام القطرى القائم في حالة النباتات التي يكون عرض الشعاع فيهـا أكثر من خلية. وتنشأ بداءات الأشعة ايضا نتيجة للانقسامـات القطـرية التـي تحـدث فـي البـداءات المغـزلية.

النشاط الموسمى للكامبيوم الوعائى

من الشـائع في النباتات الحولية وثنائية الحول العشبية من ذوات الفلقتين أن محور النبـات يزداد في السمـك نتيجة لتكوين أنسجة وعائية خلال مرحلة النمو الخضرى، وتتوقف هذه الزيادة خلال فترة الانتقال الى مرحلة التكاثر نظرا لارتباط نشاط الكامبيوم بالنمو الخضرى. وفي هذه النباتات تكون فترة نشاط الكامبيوم قصيرة.

وفي الأنواع الخشبية المعمرة التي تمر بفترات كمون في الشتاء، فان نشاط الكامبيوم الوعائى يكون موسميا، حيث يبدأ في الساق مع نشاط النمو الخضرى في الربيع المبكر في نهاية فترة الكمون، قبل أو أثناء تكشف البراعم وحتى عند تفتحها، ثم يتوقف كلية طوال حياة النبات. ونشاط الكامبيوم الوعائى يتم في مرحلتين تشمل الأولى اتساع خلايا

الكامبيوم في الاتجاه القطرى والثانى حدوث الانقسام الخلوى في البداءات. وينتج عن نشاط الكامبيوم الوعائى تكوين أنسجة وعائية ثانوية تزيد من قطر عضو النبات. وخلال فترة كمون الكامبيوم الوعائى في الشتاء، يتم نضج خلايا الخشب اللحاء الثانويان حديثة التكشف قريبا من بداءاتها. أحيانا لايتبقى غير صف واحد من الكامبيوم بين الخشب واللحاء الثانويان. وغالبا يبدأ نشاط الكامبيوم في الجزء الأوسط من الشجرة، ومنه يمتد الى بقية الأجزاء، وقد يبدأ أيضا عند قاعدة الشجرة أو عند قمم الفروع. ويبدأ الكامبيوم الوعائى نشاطه في منطقة ما بالساق أو الجذر، قبل أن يتوقف النمو الابتدائى كليا عند مستوى هذه المنطقة.

في كثير من ذوات الفلقتين، يبدأ نشاط الكامبيوم الوعائي في الساق تحت الأفرع الجديدة الآخذة في النمو ويمتد منها قاعديا تجاه الأفرع الرئيسية؛ الجذع، ثم الجذر. وعموما يتوقف نمو الكامبيوم حوالى منتصف الصيف أو بعده بقليل وذلك في الجذع والفروع الرئيسية، بينما يستمر النشاط لفترة أطول في الأغصان الصغيرة.

ويعزى استئناف نشاط الكامبيوم الوعائى في الربيع الى انتقال هرمونات النمو من البراعم الآخذة في النمو الى خلاياه الواقعة تحت مستوى هذه البراعم، ويتوقف النشاط في الشتاء نتيجة لانخفاض درجة الحرارة وقصر فترة الاضاءة.

وتختلف مقدار النشاط الكامبيومى باختلاف عمر النبات ونوعه والظروف البيئية. كما يتنبه الكامبيوم الوعائى أيضا الى النشاط بالجروح نتيجة لتكوين هرمونات الجروح عند الاصابة. ويؤدى نشاط الكامبيوم، في حالة جروح الجذور أو السيقان، الى تكوين نسيج حماية من خلايا بارنكيمية فوق السطح المجروح أو تحته يعرف بالكالوس Callus. والخلايا الخارجية للكالوس اما ان تتسوبر أو ينشأ بريدرم داخلها، وينشط الكامبيوم خلفه ليكون نسيجا وعائيا جديدا. يتفاوت حيويته من وقت لآخر مع تقدم النمو حتى موت النبات.

في الأوراق والنورات وغيرها من الأعضاء المتساقطة تكون فترة حياة الكامبيوم قصيرة لاتتجاوز بضعة أيام أو أسابيع تتحول بعدها خلاياه الى أنسجة وعائية فيلتصق الخشب الثانوى مباشرة باللحاء الثانوى داخل الحزمة الوعائية. وفي سيقان النباتات الحولية، يقوم الكامبيوم بوظيفيته لفترة قصيرة تتحول بعدها خلاياه الى أنسجة وعائية.

٢ - الكامبيوم الفلينى Phellogen

هو أحد المرستيمات الجانبية الثانوية، يتكون في الساق في طبقة تحت البشرة في معظم النباتات مثل الجوز Juglans والبرقوق Prunus وقليلا ينشأ في خلايا البشرة كما في الدفلة

Nerium والكمثرى Pyrus. وقد ينشأ الكامبيوم الفليني في طبقات أعمق كما في الرمان Punica أو في بارنكيما اللحاء كما في الشاى Camellia . أما في الجذر فان الكامبيوم الفليني ينشأ غاليا في الطبقة المحيطة (البريسيكل Pericycle). وينتج عن نشاط الكامبيوم الفليني تكوين فلين الى الخارج وقد يتكون عنه قشرة ثانوية الى الداخل. وبصفة عامة سوف نسرد مزيدا من التفاصيل عن الكامبيوم الفليني في موضوع البريدرم في فصل لاحق من هذا الكتاب.

الكامبيوم في ذوات الفلقة الواحدة

لايوجد في معظم النباتات ذات الفلقة الواحدة تغليظ ثانوى، حيث أن جسم النبات يتألف من أنسجة ابتدائية، ومع هذا، يحدث نمو ثانوى من نوع خاص في عدد من أجناس العائلة الزنبقية Liliaceae العشبية والخشبية، مثل الدراسينا Dracaena واليوكا Yucca والأجاف Agave والحريق Veratrum وبعض أجناس أخرى من ذوات الفلقة الواحدة.

وترجع الزيادة في سمك مثل هذه السيقان الى مرستيم متخصص يسمى الكامبيوم Cambium. ينشط هذا الكامبيوم في جزء الساق الذي استكملت استطالته، وينشأ في البارنكيما Parenchyma خارج الحزم الوعائية الابتدائية. بداءات هذا الكامبيوم تتباين في شكلها تبعا لاختلاف نوع النبات، وتتراوح، في القطاعات العرضية، بين المثلثة والمستطيلة والمغزلية، وتوجد مرتبة في صفوف قطرية. والمشتقات الخلوية لبداءات الكامبيوم يتكون عنها اسطوانة من حزم وعائية ثانوية على سطحه من الداخل تكون مطمورة في نسيج من خلايا بارنكيمية محكمة الترتيب، كما ينشأ عن المشتقات الخارجية مقدار من خلايا بارنكيمية الى الخارج.

الحزم الوعائية الناضجة الثانوية بيضاوية الشكل في القطاع العرضى، وجميعها اما جانبية مقفولة أو مركزية اللحاء Amphivasal. هذه الحزم والبارنكيما المرتبطة بها تكون مرتبة في صفوف قطرية، بينما تكون الحزم الابتدائية موزعة بغير نظام، والبارنكيما المرتبطة بها لاتتميز بأى ترتيب قطرى. لحاء الحزمة الثانوية يتركب من وحدات الأنابيب الغربالية Sieve tube members وتكون قصيرة، وخلاياها المرافقة Companion cells وبارنكيما اللحاء Phloem parenchyma.

والخشب Xylem يتركب من قصيبات Tracheids زائدة الطول مرتبطة بمقدار ضئيل من بارنكيما الخشب Xylem Parenchyma ذات جدر ملجننة. والبارنكيما التي توجد الحزم الوعائية مطمورة فيها رقيقة الجدر أو سميكة، ملجننة. والبارنكيما الخارجية رقيقة الجدر وتحتوى على بلورات.

المرستيمات والتميز الخلوى

المرستيمات، أنسجة من خلاية حية، تتميز بقدرتها على الانقسام الخلوى بصورة فعالة ودائمة، وينتج عن انقساماتها المتعاقبة تكوين خلايا جديدة تضاف الى جسم النبات في صورة أنسجة أو أعضاء جديدة وفي نفس الوقت، تحافظ الخلية المرستيمية على حيويتها وبقائها كخلية مرستيمية. حينما تنقسم الخلية المرستيمية، تتكون خليتان شقيقتان، تبقى احداهما مرستيمية تقوم بوظيفتها كخلية انشائية Initial cell والخلية الأخرى المشتقة Derivative cell تنقسم مرة أو أكثر قبل أن تحدث فيها تغيرات فسيولوجية في آخر انقسام لها وتصبح خلية بالغة ذات صفات خاصة كمكون من مكونات نسيج معين من أنسجة النبات. وتبعا لذلك، فان الخلية المرستيمية تحافظ على بقائها كخلية انشائية، أى تخلد نفسها، وفي نفس الوقت ينتج عن مشتقاتها الخلوية أنسجة جديدة. ومن الصعب وضع حد فاصل بين الخلايا المرستيمية ومشتقاتها الحديثة لاستمرار الأخيرة في تخليق البروتوبلازم والانقسام الخلوى لفترات مختلفة. ان التغير التدريجى الذي يحدث في الخلايا المشتقة في صفاتها المورفولوجية والفسيولوجية يمثل مجموعة عمليات مترابطة ومتعاقبة تؤدى الى تميزها عن أصولها المرستيمية التي اشتقت منها، ويمكن أن يطلق عليه اصطلاح التميز Differentiation. في هذه العملية تزداد الخلايا المشتقة تدريجيا في الحجم وتتخذ لنفسها صفات جديدة تميزها عن أصولها التي نشأت عنها. كالتغيرات العادية التي تطرأ عليها من مواد التحول الغذائى، والتغير في المحتوى الانزيمى والأعضاء الصغيرة، وقد تتكون البلاستيدات الخضراء أو الملونة وتكتسب الخلية لونا مميزا تبعا لنوع هذه البلاستيدات، كما قد تتكون مواد ملونة، وقد يزداد سمك الجدار الخلوى، ويتغير شكل الخلية وحجمها تبعا لنوع النسيج. فالنسيج البارنكيمى، مثلا، خلاياه حية ذات جدر ابتدائية رقيقة، بها رقعات نقرية ابتدائية، وتحتفظ بقدرتها على الانقسام. مثل هذه الخلايا بها بعض الصفات المورفولوجية التي بالخلايا المرستيمية مثل الجدر الابتدائية، والبروتوبلاست والفجوات العصارية، ولو أنها أكبر حجما من نظيرتها في المرستيمات. هذا بالاضافة الى احتفاظها بقدرتها على الانقسام.

وجميع الخلايا ذات الأنوية، مهما كان شكلها وتركيب جدرها، تحتفظ بقدرتها على الانقسام والنمو واعادة التميز Redifferentiation تحت الظروف الملائمة. وفي مثل هذه الحالات لايمكن فصل الخلايا المرستيمية عن البارنكيما، مثلا، على أساس الصفات المورفولوجية.

وقد يبلغ التميز مرحلة عالية من التخصص في الخلايا كما في القصيبات وعناصر

الأوعية وخلايا الفلين والألياف، وجميعها فقدت مابها من بروتوبلاست ولم يبق منها الا الجدر الخلوية فقط، وهى أكثر سمكا وتعقيدا في تركيبها من جدر الخلية المرستيمية والتي تميزت عن مشتقاتها. ويبلغ التميز أيضا مرحلة عالية من التخصص في عناصر الأنابيب الغربالية Sieve tube members في لحاء مغطاه البذور حيث تصبح خالية من النواة رغم أنها حية وهذه الوحدات الخلوية عديمة النواة فقدت صفاتها المرستيمية في الانقسام وأصبحت دائمة permanent.

وفي النباتات مغطاة البذور، يعتبر التميز في الأنسجة ووظائفها مظهرا لرقيها، فأنسجتها متنوعة في تركيبها ووظائفها كما تتنوع خلاياها في أشكالها ومكوناتها وصفاتها. ورغم أنه من السهل وصف مظاهر التميز، فانه يصعب ملاحظة التغيرات الكيماوية التي تحدث في بروتوبلاست الخلية خلال مراحل تكشفها. ويحدث في جدار الخلية تغيرات في السمك والشكل والتركيب الكيماوى لاسيما تواجد اللجنين أو الكيوتين أو السوبرين كما في بعض الخلايا، مثل عناصر الأوعية Vessel Members التي تتلاشى أجزاء من الجدر الفاصلة بين خلاياها المتتالية، أو تتكون صفائح غربالية Sieve Plates في أطراف عناصر الأنابيب الغربالية Seive tube Elements وكذلك التغير في شكل الخلية وحجمها. ومن الاختلافات الواضحة التي تظهر في الخلايا المتميزة؛ الزيادة غير المتساوية في الحجم، فبعض الخلايا تزداد بمقدار ضئيل بينما البعض الآخر يزداد بدرجة كبيرة. ويتضح التباين في حجم النمو من استطالة خلايا الكامبيوم الأول Procambium بينما تتوقف الاستطالة في الخلايا المجاورة لكل من القشرة والنخاع. هذه التغيرات وغيرها، تجعل الخلايا البالغة مختلفة في صفاتها عن أصولها التي نتجت عنها.

ولقد أظهرت البحوث عديدا من الأمثلة التي توضح التميز في النباتات مغطاه البذور والتي يتضح منها غموض هذه العملية وتعقد مراحلها. ومن الأمثلة على ذلك ما يأتى:

١ ـ المرستيم القمى للساق يملك امكانية تكوين الأوراق والبراعم والأزهار بالاضافة الى الأعضاء المحورة مثل المحاليق والأشواك، ويمكن مشاهدة بداياتها عند مراحل نشوئها. هذه البدايات، رغم أنها تنشأ من مرستيم واحد، فان نواتج تميزها تتنوع في أشكالها وتركيبها وحتى ألوانها.

٢ ـ خلايا الكامبيوم الوعائى مغزلية الشكل Fusiform Initials ينتج عن مشتقاتها خلايا متنوعة في شكلها وتركيبها مثل الأنابيب الغربالية والأوعية والقصيبات والألياف. كما تنقسم أيضا لتتكون عنها بداءات الأشعة Ray Initials.

٣ ـ عند تكوين الثغور في الورقة، تنقسم خلية سطحية انشائية فينشأ عنها خلية صغيرة ذات سيتوبلازم كثيف وأخرى كبيرة. الخلية الصغيرة تنقسم ثانية فتنشأ

خليتان متماثلتان كل منهما تصبح خلية حارسة Guard Cell ذات تركيب متميز عن بقية الخلايا المجاورة لها.

٤ _ في نوع من نبات البيجونيا Begonia توجد بقع فضية اللون على سطح الورقة. وتتكشف شعرة واحدة في كل بقعة كبيرة بينما لاتتكون في الصغيرة والعجيب أن الشعرة يزداد طولها كلما كانت البقعة الفضية أكبر.

٥ _ لقد أتضح أن موقع الخلية في جسم النبات يعتبر عاملا أساسيا في تحديد نوعية تميزها. فمثلا، خلايا البشرة في الورقة التي تتكون عنها شعور في نبات تباع الشمس تتبع مسار العروق Veins. وفي أوراق البشنين Nymphaea تتكون اسكلريدات في المناطق الواقعة تحت الثغور.

٦ _ في بعض الجذور يسبق تكوين الشعيرة الجذرية، انقسام في بعض خلايا البشرة ينتج عنه خليتان شقيقتان احداهما صغيرة تجاه طرف الجذر والأخرى كبيرة تجاه القاعدة. والخلية الصغيرة تستمر في النمو مكونة شعيرة جذرية بينما الأخرى تضم الى نسيج البشرة.

٧ _ خلال تميز بارنكيما البناء الضوئى في النسيج المتوسط للورقة، تأخذ هذه الخلايا صفات مختلفة عن أصولها المرستيمية. والصفة الأكثر وضوحا هى تكوين البلاستيدات الخضراء. ومع هذا، فان هذه الخلايا يمكن أن تنبه لاستئناف نشاطها المرستيمى، عندما تجرح الورقة، فتقوم بتكوين طبقة واقية.

يتضح مما تقدم أن التميز في الخلايا يمثل احدى النواحى الغامضة زائدة التعقيد في النباتات مغطاة البذور حيث تتنوع الأنسجة في التركيب والوظيفة رغم أصولها الوراثية المرستيمية المتماثلة.

اجمالا للقول يمكن اعتبار التميز احدى العمليات الحيوية الهامة التي تحدث في مشتقات الخلايا المرستيمية فتحدث فيها تغيرات تدريجية مورفولوجية فسيولوجية، تؤدى الى تكوين خلايا ناضجة متنوعة في الشكل والتركيب والوظيفة، تتكون منها الأنسجة المختلفة في جسم النبات. وان أهم ما يتمز به التميز هو تنوع تركيب الخلايا وشكلها ووظيفتها رغم تماثلها في التركيب الوراثى ونشأتها عن أصول واحدة.

انتظام الخلايا أثناء النمو

نتيجة لنمو جدر الخلايا المتجاورة أثناء تكوين نسيج ما تحدث تغيرات في صلات الخلايا بالنسبة لبعضها البعض. وقد يؤثر هذا التغير على جميع سطوح الخلية أو مواضع منها فقط. والزيادة في حجم الخلية قد تكون منتظمة نسبيا، أو يزداد الحجم في اتجاه ما

أكثر منه في اتجاه آخر، وبذلك تكتسب الخلية شكلا جديدا قد يختلف بدرجة واضحة عن أصولها المرستيمية مثل ألياف اللحاء والاسكلريدات المتفرعة وبارنكيما التهوية. وهذه التغيرات تؤدى الى تغيرات في صلات الخلايا ببعضها البعض.

وقد تنمو جدر الخلايا المتجاورة الفتية، نموا يشملها جميعا مع توافق في الشكل فلا يحدث انفصال بينها ولايتغير نظام اتصالها، أو تنشأ صلات جديدة، وتوائم الخلايا بين أشكالها وحجومها والضغوط التي تنشأ عن نموها. ويعرف هذا النوع من النمو بالنمو الجماعي أو التوافقى Symplastic growth. ويوجد النمو التوافقى في الاعضاء الآخذة في الاستطالة خلال نموها الابتدائى، ونمو الخلايا الناتجة عن المرستيم القمى.

النوع الثانى للتنظيم الخلوى يسمى النمو التوغلى أو الانحشارى Intrusive growth يتضمن توغل أو بروز أطراف الخلايا بين الخلايا المتاخمة، أى أن النمو يكون موضعيا في أجزاء الجدر الخلوية وليس شاملا. هذه الحالة تنشىء مواضع التقاء جديدة بين الجزء المستحدث والخلايا المتجاورة. ويحدث هذا النمو أثناء استطالة بعض الخلايا مثل بداءات الكامبيوم واستطالة الألياف وكذلك القصيبات.

من الأمثلة المعروفة عن النمو التوغلى، الاستطالة التي تحدث في القصيبات الثانوية Secon-dary tracheids لبعض النباتات الخشبية من العائلة الزنبقية Liliaceae حيث يبلغ طولها حوالى ١٥-٤٠ مرة قدر أصولها المرستيمية.

ومن الأمثلة البارزة أيضا لهذا النمو تكوين خلايا الحليب النباتى Latex في العائلة العشارية Asclepiadaceae اذ يستمر امتداد أطرافها لمسافات طويلة في جسم النبات متغلغلة بين الخلايا وتتفرغ فيها بين أنسجته. ويبدو أن المادة البينية التي تلصق الخلايا معا اما أن تتغير أو تزول في مواجهة امتداد أطراف الخلايا، وبذلك تنفصل جدر الخلايا المتلاصقة عن بعضها مثلما يحدث عند تكوين المسافات البينية، كما تتمزق الروابط البلازمية في مواجهة أطراف الخلايا النامية، وتتفرق الرقعات النقرية الابتدائية، وتظهر النقر الزوجية أخيرا في الجدر التي تلاصقت نتيجة للنمو التوغلى.

ولقد تصور علماء النبات الأوائل حدوث نمو انزلاقى Gliding growth في عملية انتظام الخلايا أثناء استطالتها أو زيادتها في الاتساع جانبيا. والمقصود بالنمو الانزلاقى أن جزءا كبيرا من جدار خلية ما، غير طرفها، يزداد في المساحة أثناء نموها وينزلق على جدر الخلايا الملاصقة وبذلك تنشأ مساحات اتصال جديدة لم تكن موجودة أصلا بين الخلية النامية والخلايا المجاورة.

ويعتمد التمييز بين النمو الانزلاقى والانحشارى على تحديد الجزء الذي ينمو من الخلية، فاذا كان النمو طرفيا ونشأت مواضع التقاء جديدة بين الجزء النامى والخلايا المجاورة أعتبر ذلك انحشاريا. إما إذا كان النمو شاملا لجزء كبير من جدار الخلية غير طرفها كان النمو انزلاقيا.

الفصل الحادى عشر

الأنسجة المستديمة THE PERMANENT TISSUES

- البارنكيما
- الكولنكيما
- الاسكلرنكيما
- الأنسجة الوعائية
- الخشب
- العناصر الناقلة
- الأوعية
- القصيبات
- ألياف الخشب
- بارنكيما الخشب
- التيلوزات
- اللحاء
- الأنابيب الغربالية
- الخلايا المرافقة
- بارنكيما اللحاء
- ألياف اللحاء

الفصل الحادى عشر
الأنسجــة المستديمــة
THE PERMANENT TISSUES

البارنكيمـــا PARENCHYMA

يدل مصطلح بارنكيما على نسيج بسيط غير معقد يتركب من خلايا حية بالغة تتباين في صفـاتهـا المـورفولوجية والفسيولوجية ، قادرة على الانقسام ، وعادة كثيرة الأضلاع ، وجـدرهـا ابتدائية رفيعة ، تسمى الخلايا البارنكيمية . والنسيج البارنكيمى هو المكون الـرئيسى للنسيج الأسـاسى في جميع أعضـاء النبات الزهرى ، فيوجد في قشرة ونخاع السيقان ، وفي قشرة الجذور ، والنسيج المتوسط للورقة ، واندوسبرم البذور ، ولحم الثمار الـطرية ، والقشرة الثـانـوية والأشعة النخاعية . كما توجد الخلايا البارنكيمية أيضا في نسيجى الخشب واللحاء ، فتلعب دورا هاما يرتبط بحركة الماء في العناصر الناقلة لنسيج الخشب ونقـل الغـذاء في العنـاصر الغـربـالية لنسيج اللحـاء . أحيانـا يضم النسيج البـارنكيمى أنواعا أخرى من الخلايا مثل الاسكلريدات التي توجد أحيانا في النسيج المتـوسط للورقـة ، وفي النخـاع وبـارنكيما القشرة . كما توجـد تراكيب الحليب النباتى Laticifers في مناطق مختلفة من الخلايا البارنكيمية . ومن ناحيةالنشوء التكوينى ، تعتبر البـارنكيما النسيج البـدائى ، فأجسـام النباتات الأولية ، مثل الطحالب Algae عديدة الخلايا والحزازيات Bryopytes تتركب أجسامها من خلايا بارنكيمية .

البـارنكيما تعتبر غير متخصصة اذا قورنت بالعناصر الناقلة Conducting elements والألياف ، ومع هذا يعتبر هذا النسيج مركزا هاما لكثير من العمليات الضرورية لحياة النبات مثل البناء الضوئى والتحول الغذائى والتنفس وتخزين المواد الغذائية المختلفة . ويتكون الكامبيوم الفلينى Phellogen والكامبيوم بين الحزم الوعائية Interfascicular من الخلايا البارنكيمية ، كما تنشأ عنها الجذور الجانبية . وعند تكاثر بعض النباتات بالعقل ، تتكون جذور عرضية أو بدايات البراعم عادة من الخلايا البارنكيمية لهذه العقل .

الصفات العامة للخلايا البارنكيمية

(١) البروتوبلاست Protoplast

تحتوى الخلايا البارنكيمية بصفة عامة، على بروتوبلاست نشط، تتوسطه فجوة عصارية كبيرة أو بضع فجوات. ويعتبر وجود هذا البروتوبلاست النشط من أهم الصفات التي تتميز بها الخلايا البارنكيمية، ولهذا فانها تقوم بكثير من أهم العمليات الفسيولوجية في النبات مثل البناء الضوئى وتخزين الماء والغذاء بالاضافة الى مواد أخرى متنوعة.

زيادة على ذلك، فان الخلايا البارنكيمية تحتفظ بقدرتها على النمو والانقسام لعديد من السنين ويتضح ذلك مما يأتى :-

١ ـ استئناف النمو، فتتكشف الى اسكلريدات مختلفة الأنواع.

٢ ـ استئناف النشاط المرستيمى في الانقسام، مثلما يحدث عند تكوين الكامبيوم الفلينى Phellogen أو تكوين بدايات أعضاء جديدة مثل البراعم العرضية والجذور الجانبية. وعندما تستأنف الخلايا البارنكيمية نشاطها المرستيمى فان هذه الظاهرة تسمى اعادة التكشف Redifferentiation أى أن الخلايا تحولت من مرحلة النضج الى أخرى مرستيمية، فتحدث فيها تغيرات مورفولوجية وفسيولوجية نتيجة لظروف معينة ينتج عنها تكوين أنسجة جديدة. والتنوع في محتويات الخلايا البارنكيمية يرتبط ارتباطا وثيقا بالأنسجة التي تقوم بها هذه الخلايا.

(٢) جدر الخلايا The Cell Walls

الخلايا البارنكيمية عادة ذات جدر ابتدائية رفيعة تتركب أساسا من السليلوز. ومع هذا، فان بعض البارنكيما الاختزانية تكون جدرها ابتدائية سميكة، لترسيب الهيميسيليولوز بالاضافة الى أساسها السيليلوزى، كما في اندوسبرم بعض البذور مثل البلح Phoenix والبن Coffea والكاكى Diospyrus. وفي بعض الأحيان تكون جدر الخلايا البارنكيمية ثانوية سميكة وملجننة ذات نقر بسيطة كما في بارنكيما الخشب Xylem Parenchuma وأشعة الخشب Ray Parenchyma في الخشب الثانوى. وأحيانا، تكون خلايا النخاع سميكة غير ملجننة كما في نبات أبوفروة Castanea.

تتميز الجدر الرفيعة في الخلايا البارنكيمية، باحتوائها على رقعات نقرية ابتدائية تمتد خلالها. وتكثر المسافات البينية في النسيج البارنكيمى، وتتراوح بين الدقيقة جدا والواسعة. ومع هذا، قد لاتوجد مسافات بينية كما في اندوسبرم البلح والبن.

(٣) شكل الخلايا Cell Shape

رغم أن الخلايا البارنكيمية توصف عادة بأنها متساوية الأقطار Isodiametric تقريبا، فان الخلايا غير المتخصصة تكون متعددة السطوح ذات ١٤ سطحا Sided Polyhedra وتظهر في القطاع العرضى بشكل مستدير عادة وذات أقطار متماثلة تقريبا. ووجود المسافات البينية لاسيما الكبيرة، يقلل من عدد مناطق اتصال الخلايا، كما أن عدد أسطح الخلايا يرتبط بحجمها.

الخلايا الصغيرة ذات عدد أقل من الأسطح بينما الكبيرة تزيد عن ١٤ سطحا. وقد تستطيل الخلايا بدرجة ملحوظة كما في الخلايا العمادية للنسيج المتوسط في الورقة، أو تكون عديدة الأذرع مفصصة Lobed كما في البارنكيما النجمية الشكل Stallate parenchyma بالنسيج المتوسط لورقة الكنا Camna indica أو نخاع ساق السمار Juncus حيث يكون للخلية ١٢ ذراعا، وتنفصل الخلايا عن بعضها بمسافات بينية واسعة. قد تكون الخلية طويلة ضيقة كثيرة الأذرع كما في الخلايا العمادية لورقة الزنبق Lilium أو خلايا الزهرة القرصية لنبات عنبر كاشميرى.

وخلايا النسيج البارنكيمى ليست كلها متماثلة تماما، وعادة توجد بعض الخلايا الصغيرة بين أخرى كبيرة القطر. وتؤدى كثرة المسافات البينية، خصوصا المسافات الواسعة، الى خفض عدد الأسطح في الخلايا البارنكيمية.

تصنيف البارنكيما :

يمكن أن تصنف أهم الخلايا البارنكيمية إلى ما يأتى:-

أ - **بارنكيما البناء الضوئي** Chlorenchyma وتتميز هذه الخلايا باحتوائها على البلاستيدات الخضراء، ولهذا فانها تتخصص في عملية البناء الضوئى وتعرف باسم الخلايا الكلورنكيمية Chlorenchyma نظرا لارتفاع نسبة الكلوروفيل بها، وأكثر هذه الخلايا تخصصا هى الموجودة في النسيج المتوسط للورقة، كما توجد في الطبقات السطحية للسيقان العشبية والأجزاء الحديثة المعرضة للضوء في المجموع الخضرى للنبات (شكل ٦٠هـ، ٦١).

ب - **بارنكيما التخزين** Storage Parenchyma يخزن بروتوبلاست الخلايا كثير من المواد الغذائية المختلفة. ويحدث التخزين اما في السيتوبلازم في صورة أجسام صلبة أو سائلة، كحبيبات الأليرون وقطيرات الزيوت والدهون. أو قد يصبح العصير الخلوى مستودعا من السكريات وغيرها من المواد الكربوهيدرات الذائبة والبروتينات (٦٠ جـ).

Formen und Funktionen des Parenchyms

(أ) Festigungs-funktion durch Turgeszenz der Zellen

(ب) Festigungs-funktion durch verstärkte Zellwände

(جـ) speicherndes Parenchym

(د) Grundform d. Parenchyms

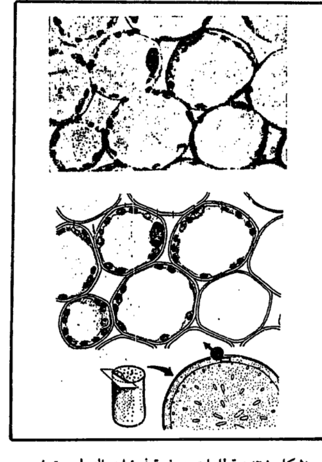
leitendes Parenchym

(هـ) assimi-lierendes Parenchym

(و) durchlüftendes Parenchym

(ز) Parenchym als sekundäres Meristem

(شكل ٦٠): قطاعات عرضية توضح أنواع البارنكيمـــا



(شكل ٦١): قطاعات عرضية في نبات التيوليب توضح بارنكيما البناء الضوئي في نسيج القشرة.

يمثل النشا المادة الرئيسية المخزونة في سيتوبلازم الخلايا البارنكيمية في أعضاء التخزين الأرضية مثل الكورمات والدرنات، وفي سيتوبلازم خلايا فلقات بذور المحاصيل البقولية واندوسبرم حبوب الغلال. وتخزن الزيوت والبروتينات في خلايا اندوسبرم أو أجنة بعض البذور. بعض الخلايا البارنكيمية، التي تختلف عن جارتها في الشكل، تخزن الدباغ في العصير الخلوى فتسمى بالخلايا الدباغية أو التانينية Tan-niferous Cells وهذه الخلايا قد توجد مفردة أو في مجموعات أو يتكون عنها جهاز متصل في النبات. والخلايا المحتوية على الدباغ قد تنقسم تحت ظروف خاصة، وتخزن أيضا بلورات أكسالات الكالسيوم. وقد تحتفظ مثل هذه الخلايا بالبروتوبلاست وغيرها يموت فيها بعد تكوين البلورات.

تتخصص البارنكيما في بعض النباتات للقيام بتخزين الماء كما في الأعضاء الخضراء لكثير من النباتات العصيرية Cactaceae مثل الصبار Aloe والتين الشوكى Opuntia. وخلايا النسيج الخازن للماء تكون كبيرة الحجم، رقيقة الجدر، ذات فجوة عصارية كبيرة تحتوى على مواد مخاطية تساعد في زيادة قدرة الخلايا على امتصاص الماء والاحتفاظ به، ويوجد السيتوبلازم في صورة طبقة رقيقة جدارية ذات نواة. وتكون كثيرا هذه الخلايا متطاولة كالخلايا العمادية ومرتبة في صفوف.

جـ ــ **بارنكيما التهوية** Aerenchyma تتميز البارنكيما في النباتات المائية من مغطاة البذور بوجود مسافات بينية واسعة بين الخلايا، فيتكون عنها جهاز متصل يمتد بين الأوراق والجذور، وكثيرا يعرف هذا النسيج باسم بارنكيما التهوية. وتساعد المسافات البينية المتلئة بالهواء على طفو النباتات المائية، ويرجح أنها تمثل جهازا لمقاومة الضغوط التي تتعرض لها هذه النباتات في البيئة المائية (شكل ٦٠و).

وقد تتكسر خلايا القشرة البارنكيمية في جذور بعض نباتات العائلة النجيلية Poaceae والعائلة السعدية Cyperaceae تاركة فجوات كبيرة مرتبة قطريا أو مماسيا.

نشأة البارنكيما Origin of Parenchyma

وتنشأ البارنكيما المكونة للقشرة والنخاع والنسيج المتوسط للورقة من المرستيم الأساسى Ground meristem بينما تنشأ بارنكيما الأنسجة الوعائية الابتدائية من الكامبيوم الأول Procambium أما بارنكيما الأنسجة الوعائية الثانوية، فانها تنشأ عن الكامبيوم الوعائى. وتتكون بارنكيما القشرة الثانوية Phelloderm عن نشاط الكامبيوم الفلينى Phellogen.

الكولنكيمـــا COLLENCHYMA

تمثل الكولنكيما النسيج الدعامى الرئيسى في السيقان الخضراء وأعناق وأنصال أوراق كثير من النباتات ذات الفلقتين. وكثيرا يوجد هذا النسيج في صورة أسطوانة كاملة تحت البشرة، غير أنه في بعض السيقان وأعناق الأوراق، يوجد في صورة أشرطة يفصلها عن بعضها خلايا انتقالية نحو البارنكيما. ويندر وجود الكولنكيما في جذور وأوراق ذوات الفلقة الواحدة. ولقد استخدم اصطلاح كولنكيما لأول مرة الألمانى Schleiden عام ١٨٣٩.

والكولنكيما تمثل نسيجا بسيطا رخوا غير أنه قوى، خلاياه حية، متطاولة قد يصل الطول الى حوالى ٢٫٥ ملليمتر، ذات جدر ابتدائية غير منتظمة السمك ولكنها غير ملجننة. يوجد تشابه بين هذا النسيج والنسيج البارنكيمى في معظم صفاته، فخلاياه حية، ذات بروتوبلاست مستديم ونشط، لها القدرة على استئناف النشاط المرستيمى في الانقسام والنمو، وجدرها ابتدائية، وقد تحتوى الخلايا الكولنكيمية على بلاستيدات خضراء.

وتختلف الكولنكيما عن البارنكيما، بصفة عامة، بجدرها السميكة غير المنتظمة السمك، وبأنها عادة أطول وأضيق من البارنكيما. هذه الخلايا متطاولة عادة في اتجاه المحور الطويل لعضو النبات، أطراف الخلايا عرضية أو مائلة وأحيانا مستدقة. وتسمى الوحدة التركيبية بالخلية الكولنكيمية.

الصفات العامة للخلايا الكولنكيمية

يتميز النسيج الكولنكيمى بنشأته المبكرة، واستدامة بروتوبلاست خلاياه، وملاءمته للتغيرات التي تحدث في أعضاء النبات التي تنمو بسرعة لاسيما الزيادة في الطول.

(١) جدار الخليـــة

يعتبر جدار الخلية مميزا رئيسيا للخلايا الكولنكيمية، فهو ابتدائي سميك، الا أنه غير منتظم السمك، ويتميز بشدة لمعانة في القطاعات العرضية للنماذج الطازجة. ويتركب الجدار أساسا من السليلوز، ويحتوى على نسبة مرتفعة من الهيميسليلوزات والبكتين، الا أنه خال من اللجنين. ويتميز الجدار بمحتواه العالى من الماء والذي قد تصل نسبته الى أكثر من ٦٠٪ من الوزن الحى. ويرجع ارتفاع نسبة الماء في الجدار الى زيادة المواد البكتينية.

وينشأ جدار الخلية الكولنكيمية في صورة طبقات غنية بالسليلوز وفقيرة في البكتين، متبادلة مع أخرى من السليلوز ذات محتوى عال من البكتين.

وهذه الطبقات تمتد حول الخلية بأكملها، ولكنها تكون سميكة حيث يبلغ التغليظ أقصاه في الجدار. ويزال التغليظ في الجدار حينما ينشأ الكامبيوم الفلينى من الخلايا الكولنكيمية.

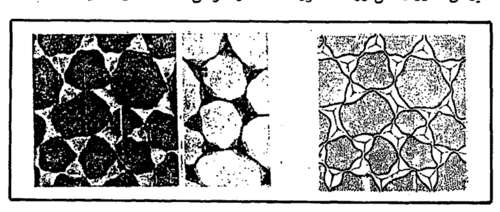
وتحدث الزيادة في سمك الجدار والرقعة السطحية أثناء نمو الخلية وقبل أن تستكمل استطالتها. ولقد لوحظ في بعض النباتات مثل الزيزفون Tilia والاسفندان Acer campestre ازدياد في حجم الخلايا تبعا للنمو الثانوى في السيقان، وتصبح الجدر أقل سمكا. وجدار الخلية الكولنكيمية لدن، قابل للتمدد يتلاءم مع النمو السريع. والزيادة في سمك الجدار تتركب أساسا من السليلوز.

الطرز المورفولوجية للخلايا الكولنكيمية

تصنف الكولنكيما الى ثلاثة طرز طبقا لترتيب الخلايا وتوزيع المناطق السميكة في الجدر. وقد توجد الطرز في نفس شريط الكولنكيما مختلطة مع بعضها. وهذه الطرز هى:

أ - الكولنكيما الركنيـة Angular Collenchyma

وهي أكثر صور الكولنكيما شيوعا في النبات، وفيها الخلايا مرتبة بدون نظام. والزيادة في سمك الجدر تكون في صورة أشرطة طولية تشغل أركان الخلايا. المسافات البينية تكون دقيقة جدا أو معدومة. خلايا الكولنكيما الركنية تكون متطاولة، ذات أطراف مستدقة أو مائلة قد يصل طول الخلية الى حوالى ٢ر٥ ملليمتر كما في جزر البقر Heracleum. ومن أمثلة الكولنكيما الركنية ما يوجد تحت البشرة في كثير من السيقان مثل القرع Cucurbita شكل (٦٢)، والطماطم Lycopersicon واللوف Luffa والداليا Dalia وأعناق كثير من الأوراق مثل ورقة الداتورة Datura والكرفس Apium graveolens.



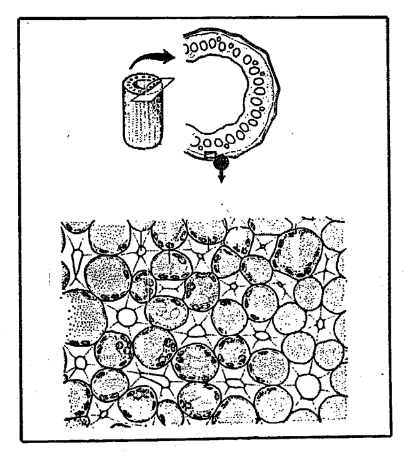
(شكل ٦٢): قطاعات عرضية في نبات القرع توضح الكولنكيما الركنية.

ب ـ الكولنكيما الأنبوبية Tubular Collenchyma

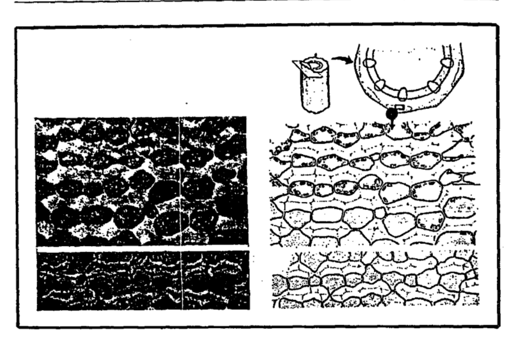
تعرف أيضا باسم الكولنكيما الفجوية Lacunate Collenchyma وتتميز بأن الزيادة في السمك تتركز في أجزاء الجدر التي تحيط بالمسافات البينية والتي تكون واضحة تماما. وتوجد الكولنكيما الأنبوبية في سيقان كثير من نباتات العائلة المركبة Asteraceae مثل جنس Petasites (شكل ٦٣) وجنس السالفيا Salvia والخطمية Althea والخبارى Malva وفي الجذور الهوائية مثل نباتات جنس Monstera.

جـ ـ الكولنكيما الصفيحية Lamellar Collenchyma

توجد الخلايا مرتبة في صفوف مماسية، وتتركز الزيادة في السمك على الجدر المماسية في صورة صفائح رقيقة. والخلايا محكمة الترتيب فلا توجد بينها مسافات بينية، كما في سيقان نبات الكتان Linum وعباد الشمس Helianthus والبيلسان Sambucus (شكل ٦٤).



(شكل ٦٣): قطاع عرضى في جنس Petasites يوضح الكولنكيما الأنبوبية.



(شكل ٦٤): قطاع عرضى في نبات البيلسان يوضح الكولنكيما الصفائحية.

(٢) شكـل الخلايـا

الخـلايا الكـولنكيمية دائما ذات شكل متطاول نوعا في اتجاه المحور الطويل لعضو النبـات الـذي توجـد فيه. وتكون الخلايا الطويلة مستدقة من أطرافها وتتراكب فوق بعضها البعض مكونة أشرطة تشبه الألياف، أما الخلايا القصيرة فانها تكون منشورية. ويظهـر كلا النوعان عديد الأضلاع في القطاعات العرضية. وقد يختلف شكل الخلية وحجمها في نفس شريط الخلايا.

في القطاعات الطولية، تشاهد جدر الخلايا ذات أجزاء سميكة وأخرى رفيعة تبعا لاتجاه القطاع بالنسبة للتغليظ. والجدر الطرفية العرضية عادة رفيعة بينما المستدقة تكون سميكة. وتتراكب أطراف الخلايا فوق بعضها البعض الأمر الذي يؤدى الى زيادة تماسك الخلايا مما يكسب النسيج المتانة والمرونة المطلوبة.

(٣) *محتويات الخليـــة*

تحتـوى الخـلايا الكـولنكيمية التـامـة النضـج على بروتـوبـلاست، توجد به عادة بلاستيدات خضراء. قد تكثـر هذه البلاستيدات في العدد أو تقل، وقد تنعدم تماما. بعض الخلايا في شريط الكولنكيما قد يختلف في محتوياته عن غيره. وفي نبات الحميض Rumex يوجد دباغ في بعض الخلايا الكولنكيمية بينما تخلو منه بقية الخلايا.

(٤) توزيع الكولنكيما في جسم النبات

توجد الكولنكيما في أجزاء المجموع الخضرى للنباتات العشبية ذوات الفلقتين التي لايحدث بها نمو ثانوى. أو التي يكون فيها هذا النمو ضئيلا. وقد توجد الكولنكيما في نسيج القشرة في بعض الجذور المعرضة للضوء مثل جنس Monstera. ولاتوجد الكلولنكيما في سيقان وأوراق الكثير من النباتات ذات الفلقة الواحدة التي يتكشف فيها مبكرا أنسجة اسكلرنكيمية.

وتعتبر الكولنكيما نسيجا وظيفته الأولى التدعيم المؤقت. حيث يلبث أن يتحطم عند تكوين الأنسجة الثانوية في النبات. وتبقى الكولنكيما في حالتها الوظيفية العادية في السيقان العشبية الرخوة، والمتخشبة نوعا مثل البلارجونيوم Pelargonium والأعناق الرخوة مثل أعناق جنس سولانم Solanum والبيلسان Sambucus. ويتضح التوزيع في جسم النبات فيما يلي:-

١ ــ **السيقان**: توجد الكولنكيما في الأجزاء الخارجية من السيقان تحت البشرة مباشرة أو يفصلها عن البشرة صف أو أكثر من خلال بارنكيمية. وتشاهد الكولنكيما في هيئة أسطوانة كاملة تحت البشرة تتألف من بضع طبقات كما في تباع الشمس Helianthus والبيلسان Sambucus أو أشرطة منفصلة لاسيما في أركان السيقان المضلعة، مثل القرع Cucurbita والنعناع Mentha والأقحوان Calendula.

٢ ــ **عنق الورقة والنصل**: تعتبر الكولنكيما النسيج الدعامى الرئيسى لأوراق النباتات ذات الفلقتين. ففي أعناق الأوراق، مثل حشيشة الدينار Humulus تكون الكولنكيما في هيئة أسطوانة كاملة تحت البشرة، أما اذا كان العنق مضلعا، مثل القرع، توجد الكولنكيما على هيئة أشرطة تحت بروزات العنق.

وفي نصل الورقة، توجد الكولنكيما مصاحبة للعروق الكبيرة على سطحيها كما في حشيشة الدينار والقرع، أو على سطح واحد يكون عادة السفلي. وقد تتكشف الكولنكيما أيضا على امتداد حافة النصل ويؤدى وجود الكولنكيما في النصل الى تدعيمه وتحول دون تمزقه.

(٥) علاقة تركيب الكولنكيما بالنسبة للوظيفة

الكولنكيما نسيج دعامى يجمع بين صفاته المتانة والمرونة فلا يعيق نمو الأعضاء التي يوجد بها، ويتلاءم مع التغيرات التي تحدث فيها خلال نموها. وتتضح علاقة تركيب الكولنكيما مع وظائفها فيما يلي:

١ ــ خلايا الكولنكيما تتميز بقدرة جدرها على الزيادة في السمك والرقعة السطحية

خلال نمو عضو النبات لاسيما في الطول. كما أن نشوء هذه الخلايا مبكرا يرجح أن الجدر تتميز بمرونة عالية خلال مراحل استطالة سلاميات الساق أو عنق الورقة، فالخلايا في السلاميات الصغيرة تكون أقصر بكثير منها في السلاميات الطويلة. وفي الأنسجة المسنة، تصبح جدر الخلايا أكثر صلابة مما كانت عليه في الأنسجة النامية.

٢ ـ تتجمع في جدر الكولنكيما صفات المتانة Tensile Strength بالاضافة الى المرونة العالية. ولقد ثبت أن أشرطة الكولنكيما في عنق ورقة الكرفس Apium Graveolens أقوى من النسيج الوعائى، وأكثر مقاومة لضغوط التكسر من الحزمة الوعائية كلها أو غطاء الحزمة. والمتانة التي تتميز الخلية الكولنكيمية بها تؤهل الأعضاء التي توجد بها المقاومة للضغوط التي تتعرض لها مثل الرياح الشديدة. ويرجح أن المتانة والمرونة التي تتميز بها الجدر الخلوية في الكولنكيما ترجع الى التركيب الطولى لسلاسل السليلوز التي تعطى متانة شد عالية. كما أن السليلوز غير المتبلور في الجدار الخلوى يحقق اتساعا في الجدار دون حدوث تكسر.

٣ ـ تلاصق الخلايا وتراكيب أطرافها فوق بعضها البعض، وصغر أو انعدام المسافات البينية وتغلظ جدرها، كل هذا يهيؤها كنسيج تدعيمى.

الاسكلرنكيما SCLERENCHYMA

لقد اقترح Mattenius استخدام مصطلح اسكلرنكيما عام ١٨٦٥ ليوضح طرازا آخر من أنسجة التدعيم من خلايا عادة تكون عديمة البروتوبلاست عند نضجها، وجدرها ثانوية سميكة ملجننة. وهذا النسيج يدعم أعضاء النبات التي توجد به، فيكسبها القدرة على مقاومة الضغوط المختلفة التي تتعرض لها نتيجة للانثناء أو الاثقال أو الشد، دون أن يحدث لأنسجتها الأخرى أى ضرر.

وتتميز هذه الخلايا عن الكولنكيما بجدرها الصلبة الثانوية الملجننة، والتي تحتوى على نسبة ضئيلة من الماء. وغالبا تخلو الخلايا الاسكلرنكيمية من البروتوبلاست عند نضجها. وإذا وجد البروتوبلاست، فانه يكون غير نشط وليس قادرا على الانقسام والنمو. والجدر الخلوية غالبا تكون منتظمة السمك.

تظهر بين الخلايا الاسكلرنكيمية تنوعات في الشكل والحجم، ويمكن تميز نوعين رئيسيين من الاسكلرنكيما هما الاسكلريدات والألياف.

أ ـ الاسكلريدات Scleroids

وهي خلايا اسكلرنكيمية، خالية من البروتوبلاست عندما يتم نضجها، جدرها

ثانوية سميكة ملجننة، أحيانا تكون الجدر مسوبرة أو مكوتنة، قد تكون غير منتظمة في السمـك، أو رفيعـة. وتحتوى الجدر على نقر صغيرة بسيطة، فجواتها في صورة قنوات ضيقة متفرعة واتحدت نقرتان أو أكثر مع بعضها وأصبحت تركيبا واحدا ذو أذرع مساوية لعدد النقر الأصلية له فتحة واحدة دائرية الشكل في تجويف الخلية. وهذه النقر تسمى بالنقر المتفرعة Ramiform pits.

وفي حالات قليلة جدا، تحتفظ الاسكلريدات بالبروتوبلاست حيا لبضع سنوات كما في بعض السيقـان والأوراق، أو لبضعـة شهور كما في الاسكلريدات الحجرية لأغلفة بعض الثمار مثل الكمثرى Pyrus communis (شكل ٦٥) والسفرجل Cydonia Ob-longa. الاسكلريتدات الحجرية في ثمار السفرجل قد تدخل في عملية فقدان اللجين De-lignification خلال مراحـل نضـج الثمـرة، فيتنـاقص سمـك الجدار تدريجيا ويختفى اللجنـين وبـالتـالي تطمس النقـر المتفـرعـة. وهـذه التغـيرات توضـع وجـود نشـاط للبروتوبلاست بداخل هذا النوع من الاسكلريدات.

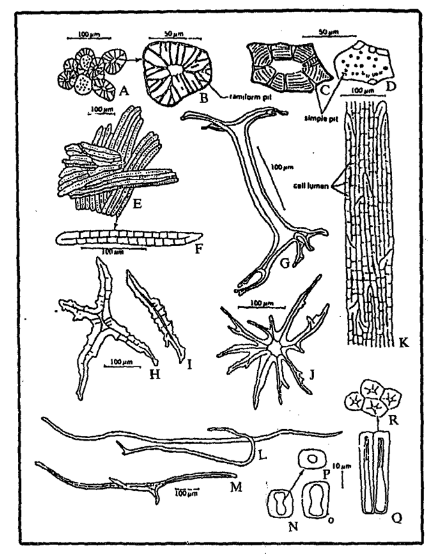
في كثير من الاسكلريدات تمتلىء فجوة الخلية بترسبات من مكونات الجدار أو دباغ أو مواد مخاطية. وقـد تحتوى الجدر أحيانا على بلورات مطمورة فيها. وتجويف الخلية قد يكون ضيقا أو متسعا أو متفرعا.

ونـظرا لسمك جدر الاسكلريدات فانها تزيد من صلابة أغلفة بعض البذور مثل البقوليات والقطن .Gossypium spp والغلاف الداخلـى لبعض الثمـار مثل التفـاح Malus Sylvestris.

توزيـع الأسكلـريدات فـي النبـات

توجد الاسكلريدات في جميع أجزاء جسم النبات، غير أنها تكثر في القشرة والنخاع، وفي الثمار والبذور، فرادى أو في تجميعات صغيرة أو كبيرة (شكل ٦٥). يحتوى لحم كثير من الثـمار مثـل الكمثـرى Pyrus communis والسفـرجـل Cydonia oblonga على اسكلريدات حجرية تكون مفردة أو في مجاميع تتميز عن الخلايا المحيطة بشكلها وسمك جدرها. كما توجد في غلاف الثمرة الداخلى المحيط بالبذور في ثمرة التفاح (شكل ٦٥). ويتكـون من الاسكلريدات غطاء صلب في الثـمار البندقة، وكذلك الغلاف الثمرى الداخلى المتخشب للثمار الحسلة مثل الخوخ Prunus persica والبرقوق Peunus cerasif-era والزيتون Olea والجوز Juglans.

وفي البذور توجد الاسكلريدات في صورة طبقة كاملة تمثل البشرة في بذور العائلة البقـولية Leguminosae أو في منـطقـة داخلية من القصـيرة كما في بذور القطن (شكل ٧ أ). توجد الاسكلريدات أحيانا في الساق على هيئة أسطوانة خارج الأنسجة الوعائية



(شكل ٦٥): أنواع الاسكلريدات

A & B خلايا حجرية في الجزء اللحمى من ثمار الكمثرى.

C & D اسكلريدات في قشرة ساق نبات الشمع (هويا). منظر قطاعى (C) منظر سطحى (D).

E & F اسكلريدات من الطبقة الداخلية لغلاف ثمرة التفاح.

G اسكلريدات ذات نهايات متفرعة من النسيج الوسطى لنبات الهاكى.

H & I اسكلريدات من عنق ورقة نبات الشاى.

J اسكلريدات نجمية من قشرة ساق نبات تروكودندرون.

K طبقة من الاسكلريدات من بشرة الورقة الحرشفية لبصلة الثوم

L & M اسكلريدات من النسيج الوسطى لورقة نبات الزيتون

N & P اسكلريدات من طبقة تحت البشرة لقصرة بذرة الفاصوليا

Q & R اسكلريدات عمادية في بشرة قصرة بذرة الفاصوليا.

مثلما يوجد في نبات الشمع Hoya carnoba أو في صورة تجمعات في النخاع. وقد توجد أيضا على هيئة خلايا مفردة في القشرة والأنسجة الوعائية.

وتحتوي أوراق كثير من النباتات، لاسيما نباتات المناطق الحارة، على اسكلريدات قليلة أو كثيرة. وفي بعض الأحيان تتخلل الاسكلريدات النسيج المتوسط للورقة كما في الزيتون Olea. وفي حالات أخرى، تكون الاسكلريدات مركزة عند نهايات الحزم الوعائية كما في بعض نباتات العائلة السذبية Rutaceae. وتوجد الاسكلريدات أيضا في بشرة بعض التراكيب الورقية على هيئة طبقة جامدة كما في الأوراق الحرشفية لبصلة الثوم Allium sativum الأمر الذي يزيد من صلابتها. وقد توجد الاسكلريدات بجوار حافة الورقة كما في نبات الكاميليا Camellia.

تصنيف الاسكلريدات

تتنوع الاسكلريدات في الشكل والحجم وصفات جدرها، وصلتها بالخلايا المحيطة. وتصنف تبعا للشكل الى عدة أنواع منها:

١ - الخلايا الحجرية «الصخرية» Brachysclereids

وهي اسكلريدات تتميز بأنها قصيرة غير متفرعة، متماثلة الأقطار تقريبا وأحيانا غير منتظمة الشكل، جدرها سميكة جدا ملجننة، ذات نقر بسيطة متفرعة أو غير متفرعة (شكل ٦٥). وتوجد الاسكلريدات الحجرية منفردة أو متجاورة مع بقائها مفككة، أو يلتصق بعضها ببعض.

وتكثر الاسكلريدات الحجرية في لحم ثمار بعض النباتات مثل الكمثري Pyrus communis والسفرجل Cydonia oblonga على هيئة تجمعات صلبة بين الخلايا البارنكيمية التي يتألف منها الجزء اللحمى من الثمرة. وقد توجد أيضا في القشرة واللحاء والنخاع في بعض السيقان.

٢ - الاسكلريدات العمادية Macrosclereids

وتعرف أيضا بالخلايا العصوية Pod-cells وهي خلايا متطاولة أسطوانية الشكل، توجد متراصة بجوار بعضها. وتشبه هذه الخلايا في شكلها، الخلايا العمادية في الورقة. تتميز هذه الخلايا بعدم انتظام جدرها في السمك، وهي زائدة التلجنن. يبلغ طول هذه الخلايا في البازلاء Pea حوالى ٦٠-١٠٠ ميكرون، وفي البرسيم الحجازى Medicago sativa حوالى ٤٠ ميكرون، وعرضها حوالى ١٠ ميكرون، وتجويف الخلية يكون ضيقا في جزئها الخارجي ويتسع تدريجيا تجاه جزئها الداخلي. ولاتوجد مسافات بينية بين هذه الخلايا. وكثيرا توجد الاسكلريدات العمادية في قصرة البذور مثل العائلة البقولية

leguminosae (شكـل ٦٥)، وقصرة بذور القطن Gossypium (شكل ٧ أ)، والجوز المقيء Strychnos nux-vomeca كما توجـد في أوراق بعض النباتات الصحراوية وقشرة بعض السيقان.

٣ ـ الاسكريدات النجمية Astrosclereids

وهي خلايا اسكلرنكيمية، غير منتظمة الشكل، متفرعة الى أذرع تشبه في شكلها النجم. وتوجد هذه الاسكلريدات في أوراق كثير من النباتات الزهرية مثل الشاى Camellia (شكـل ٦٥) والبشنـين Nymphaea وغـيرهـا. كما توجـد في أوراق وسيقان النباتات الصحراوية.

٤ ـ الاسكريدات الشعرية Trichosclereids

خلايا على شكل شعور متفرعة، رقيقة الجدر تمتد هذه الاسكلريدات الى المسافات البينية في أوراق وسيقان بعض النباتات المائية. كما توجد أيضا في الجذور الهوائية كما في نبات Monstera.

٥ ـ الاسكلريدات العظمية Osteosclereids

وهي خلايا اسكلرنكيمية تشبه الأعمدة ذات نهايات متسعة أو مفصصة أو متفرعة. وتوجد هذه الاسكلريدات في أغلفة بعض البذور وأوراق بعض النباتات ذوات الفلقتين لاسيما الصحراوية (شكل ٦٥).

أهميـة الاسكلـريدات

الوظيفة الرئيسية للاسكلريدات ميكانيكية، حيث تكسب الأجزاء التي توجد بها قوة وصلابة. وبعض الاسكلريدات تقوم بوظيفة وقائية كما في بشرة بذور العائلة البقولية Leguminosae. وتزيد الاسكلريدات من صلابة الأوراق الحرشفية للأبصال، وأغلفة ثمار البندقة، وأنواع من قلف الأشجار. كما تكسب الأوراق ولحم الثمار المتانة المطلوبة.

ب ـ الأليـــــاف FIBERS

الألياف، خلايا اسكلرنكيمية شائعة في جسم النبات الزهرى، تمثل أهم عناصره الميكانيكية. وعلى النقيض من الاسكلريدات تتميز الألياف بأنها طويلة ونحيفة، يبلغ طولهـا عدة أمثـال اتساعها، أطرافها مدببة عادة، وأحيانا يكون طرف أو طرفى الخلية متفرعا. وجدر الألياف تكون صلبة، ثانوية ملجننة وعادة بها مقدار ضئيل من الرطوبة، ومـع هذا هنـاك ألياف تحتـوى جدرها على نسبة عالية من السليلوز وأخرى جيلاتينية الجدر. وفجوة الألياف ضيقة، تمتد بطول الخلية غالبا، وقد تطمس مناطق من الفجوة

أو تطمس الفجوة كليا.

تحتوى جدر الألياف على نقر بسيطة صغيرة جدا مستديرة أو تشبة الشق في شكلها الخارجى، قليلة العدد عادة. وأحيانا، تكون النقر أثرية في الألياف ذات الجدر زائدة السمك.

وبعض الألياف تكون مقسمة بحواجز عرضية داخلية رقيقة من السليلوز، فتصبح عبارة عن صف من الخلايا، كما في العنب Vitis (شكل ٦٧ د) وتسمى حينئذ بالألياف المجزأة Septate fibers. وفي معظم طرز الألياف، يختفى البروتوبلاست عند تمام نضج الخلية، وقد تحتفظ بعض الألياف بالبروتوبلاست حيا لبضع سنوات.

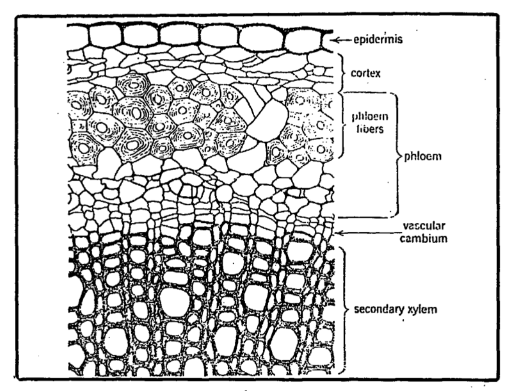
والألياف اهم أنواع الخلايا الميكانيكية التي توجد في النباتات البذرية. والمتانة التي تتميز بها الألياف والمرونة، تؤهلان الأعضاء التي تحتويها على مقاومة مجموعة من الضغوط التي تتعرض لها مثل أثر الرياح والجاذبية الأرضية، وغيرها. وأهمية الألياف كنسيج دعامي ترجع بصفة رئيسية الى ترتيبها في أشرطة أو أسطوانات ليفية، والى تراكيب خلاياها وتداخلها. والألياف تكسب الأنسجة التي توجد بها متانة كافية.

وتوجد الألياف في كل أجزاء النبات في الأوراق والسيقان والجذور، وفي بعض الثمار مثل اللوف Luffa وجوز الهند Cocos. وتوجد أيضا ضمن مكونات نسيج الخشب واللحاء، وكأغلفة أو قلنسوات مقترنة بالحزم الوعائية لاسيما في الأوراق، أو في هيئة حزم منفصلة أو أسطوانات في نسيج القشرة تمتد طوليا في عضو النبات.

ترتيب الألياف في النباتات ذات الفلقة الواحدة

١ - تترتب الألياف في سيقان معظم النجيليات على شكل أسطوانة جوفاء من بضعة صفوف من الألياف، قريبا من سطح الساق. وهذه الأسطوانة يمتد منها أذرع تتصل بالبشرة، وتحصر بينها أشرطة من خلايا كلورنكيمية. وتحتوى الأسطوانة الليفية، في القمح Triticum والشوفان Avena على حزم وعائية جانبية مقفولة صغيرة الحجم. وفي سيقان الذرة Zea وقصب السكر Saccharum والذرة الرفيعة Sorghum توجد الألياف في هيئة غلاف مميز يحيط بالحزمة الوعائية، وقد تتحد أغلفة تحيط بالحزم الوعائية الخارجية معا بغير نظام مكونة نسيجا دعاميا.

٢ - في أوراق النباتات ذات الفلقة الواحدة، توجد الألياف في صورة أغلفة تحيط بالحزم الوعائية أو كأشرطة ممتدة بين الحزم الوعائية والبشرة، أو ممتدة تحت البشرة دون أن ترتبط بالحزم الوعائية.



(شكل ٦٦) : قطاع عرضى في ساق الكتان يوضح ألياف اللحاء الابتدائى لاحظ الكامبيوم الوعائى والخشب الثانوى الناتج عن نشاطه.

ترتيب الألياف في النباتات ذات الفلقتين

توجد الألياف في سيقان بعض النباتات ذات الفلقتين مرتبة في هيئة أسطوانة كاملة قريبة من الحزم الوعائية، كما في البلارجونيوم Pelargonium وشبرفايد Loniera وبعض نباتات العائلة القرنفلية Caryophyllaceae وغيرها. وقد توجد الألياف أيضا على جانبى الحزم الوعائية من الداخل والخارج كما في نبات عصا الراعى Polygonum والرواند Rheum.

وفي كثير من سيقان الفلقتين، مثل الكتان Linum (شكل ٦٦) والدفلة Nerium، توجد الألياف في صورة أشرطة مماسية الوضوح خارج اللحاء الابتدائى في الحزم الوعائية. وفي نباتات أخرى، مثل الرامى Boehmeria والبلوط Quercus والعنب Vitis توجد الألياف واضحة في اللحاء الثانوى.

ومن المواضع المميزة للألياف في مغطاة البذور، النسيج الوعائى، حيث تتوزع بنظم متنوعة في الخشب الابتدائى والثانوى. وقد يبلغ مقدار الألياف حوالى ٥٠٪ من خشب كثير من مغطاة البذور.

تصنيف الألياف

تصنيف الألياف تبعا لموضعها في النبات الى مجموعتين كبيرتين:

١ - ألياف الخشب Wood fibers

٢ - ألياف خارج الخشب Extraxylary

(١) ألياف الخشب Wood Fibers

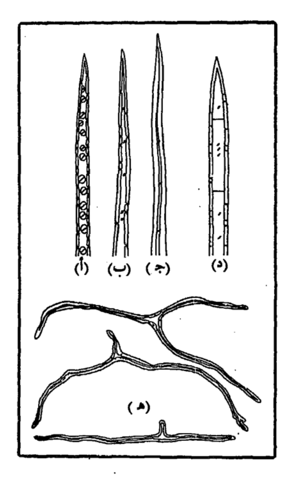
تمثل هذه الألياف جزءا رئيسيا في نسيج الخشب الثانوى، وتنشأ من نفس النسيج المرستيمى الذي تنشأ منه بقية عناصر الخشب الأخرى. تختص هذه الألياف بالتدعيم وأحيانا تقوم بالتخزين. وتصنف هذه الألياف الى نوعين:

أ - قصيبات ليفية Fiber - Tracheids

ب - ألياف خشب لحائية Labriform Fibers

وهى تشبه في تركيبها ألياف اللحاء ولهذا سميت بهذه التسمية (شكل ٦٧ب، جـ). وتعتبر القصيبات الليفية متطورة عن قصيبات بدائية، أى أنها تمثل مزحلة انتقال بين القصيبات وألياف الخشب اللحائية. ويعتمد في التميز بين القصيبات الليفية وألياف الخشب، بصفة خاصة، على سمك الجدار ونوع النقر والطول. ويوجد تدرج في سمك الجدار من الأقل سمكا، وهى القصيبات، الى القصيبات الليفية، ومنها الى ألياف الخشب اللحائية وهى الأكثر سمكا. أما من حيث النقر، فالتدرج يحدث من نقر مضفوفة في القصيبات الى نقر ضفاتها مختزلة، وغرفة النقرة صغيرة، وقناة النقرة طويلة في القصيبات الليفية. وفي ألياف الخشب اللحائية تكون غرفة النقرة مختزلة جدا وقناة النقرة على شكل قمع منضغط وبذلك تكون النقرة عديمة الضفة، ويمكن اعتبارها نقرة بسيطة. أما من حيث الطول، فمن الملاحظ في نسيج الخشب أن القصيبات تكون أقصر من ألياف الخشب اللحائية، أما القصيبات الليفية فانها تقع بين القصيبات وألياف الخشب اللحائية، أى أن الأخيرة تكون أكثر الخلايا طولا في نسيج الخشب. ويرجع طول الألياف الى النمو الطولى الزائد الذي يحدث في أطرافها خلال مراحل تكشفها.

وقد يقوم كل من نوعى ألياف الخشب (القصيبات الليفية وألياف الخشب اللحائية) بتكوين جدر عرضية عبر تجويف الخلية، بعد أن تصل الى طولها النهائي وتستكمل جدرها الثانوية. وهذه الجدر العرضية تكون ابتدائية وغير ملجننة، وتسمى الحواجز Septa ولهذا فان الألياف تسمى الألياف المجزأة Septate fibers (شكل ٦٧د)، والقصيبات الليفية تعرف بالقصيبات المجزأة Septate Fiber tracheids. والألياف المجزأة والقصيبات الليفية المجزأة واسعتا الأنتشار في النباتات ذات الفلقتين، وعادة تحتفظ



(شكـل ٦٧): نهايات عناصر من الخشب الثانوى لنبات البلوط.

أ ـ قصيبة
ب ـ قصيبات ليفية
جـ ـ ليفة خشب لحائية
د ـ ليفة مجزأة في نبات العنب.
هـ ـ اسكلريدة خيطية في نصل ورقة الزيتون.

بالبروتوبلاست حيا لبعض الوقت في الخشب الرخو. والألياف المجزأة وبعضها غير المجزأة، تقوم بتخزين النشا والزيوت وغيرها، وبذلك فان الألياف الحية تشبه بارنكيما الخشب في تركيبها ووظيفتها، لاسيما حينما تكون بارنكيما الخشب ذات جدر ثانوية ونشأت بها حواجز عرضية.

قد يحدث تحور آخر في ألياف الخشب فتصبح من النوع الجيلاتينى نتيجة لتكوين طبقة داخلية من نوع خاص من السليلوز خالية من اللجنين على الجدر الثانوية، تجعل مظهرها جيلاتينى فتسمى ألياف جيلاتينية Gelatinous Fibers. ويوجد هذا النوع من ألياف الخشب في الخشب المقاوم Reaction wood الذي يتكون على الجوانب العليا للأفرع الخشبية المائلة.

(٢) ألياف خارج الخشب Extraxylary Fibers

وهى الألياف التي توجد خارج نسيج الخشب، وتشمل الألياف التي توجد في اللحاء، وغيرها التي تحيط بمنطقة الحزم الوعائية، كما توجد في قشرة الساق والنسيج

المتوسط للورقة . ويمكن أن تصنف هذه الألياف تبعا لمناطق وجودها الى الأنواع التالية :

١ ــ **ألياف لحائية** Phloic Fibers وتوجد في اللحاء الابتدائي والثانوى .

٢ ــ **ألياف قشرية** Cortical Fibers وتوجد في نسيج القشرة .

٣ ــ **ألياف حول الحزم الوعائية** Perivascular Fibers وتقع خارج المنطقة الوعائية في الساق والى داخل آخر طبقة من القشرة . وتنشأ هذه الألياف خارج اللحاء الابتدائى وكثيرا تسمى الألياف البريسيكلية Pericyclic fibers. وتتميز الألياف خارج الخشب بالصفات التالية :

أ ــ خلايا طويلة مغزلية الشكل ذات أطوال مختلفة . والنسبة بين قطر الخلية الليفية وطولها قد تبلغ ١ : ١٠ أو ١ : ٢٠ ، وقد تصبح النسبة أقل كثيرا من ذلك . والخلية الليفية في بعض الألياف الاقتصادية يتراوح طولها بالملليمتر في الكتان Linum بين ٥ر٧ـ١١ ، والجوت Corchorus ٨ , ٠ ـ ٦ ، وفي الرامى Boehmeria تتراوح بين ٥٠ـ٢٥٠ ملليمتر. في السيسال Agave sisalana وهى ألياف ورقية ، يتراوح طول الخلية اليفية بين ٨ر ـ٨ مليمتر.

ب ــ أطرافها مستدقة غالبا ، وقد تكون مدببة أو متشعبة .

جـ ــ الجدر غالبا سميكة جدا ، وتظهر مضلعة في القطعات العرضية . وقد يبلغ سمك الجدار الثانوى لألياف اللحاء في الكتان حوالى ٩٪ من مساحة الخلية في القطاع العرضى . وتكون الجدر ملجننة غالبا ، وقد تحتوى على نسبة قليلة من اللجنين . وبعض الألياف في ذوات الفلقة الواحدة تكون جدرها زائدة التلجين .

وكثيرا يستخدم لفظ ليفة على تراكيب نباتية تتضمن أنواع أخرى من الخلايا بالاضافة الى الألياف ، وأيضا على تراكيب ليست أليافا على الأطلاق . فمثلا ، يطلق ألياف القطن على شعور القطن وهي عبارة عن نموات من بشرة غلاف البويضة الخارجى في بويضة القطن ، والألياف الورقية في ذوات الفلقة الواحدة مثل السيسال Sisal وهي تشمل العناصر الوعائية ، وألياف نخيل الرافيا Raphia palm وتشمل أجزاء من الورقة .

الألياف الاقتصادية Economic Fibers

لقد أمكن الانتفاع بالألياف النباتية في نواحى اقتصادية منذ عدة قرون . وتوضح بعض الأدلة أن شعر القطن قد استخدم فيما بين عام ٧٢٠٠ـ٥٢٠٠ قبل الميلاد في المكسيك ، وأن الكتان والقنب قد زرعا للألياف منذ حوالى خمسة آلاف سنة . وفي العصر الحالى ، تستخدم نباتات تنتمى الى ٤٤ فصيلة (عائلة) نباتية كمصدر للألياف النباتية . وبصفة عامة ، تقع المحاصيل المنتجة للألياف في المرتبة الثانية بعد محاصيل الغذاء .

والليفة Fiber من الناحية الاقتصادية، ليست الخلية وأنها هي عبارة عن خيط ليفي يتركب من عدد من الخلايا الليفية ملتحمة معا في صف طولي. ولذا تعتبر الخلية الليفية هي الوحدة التركيبية، للألياف الاقتصادية. وتسمى الألياف التي يحصل عليها من سيقان وأوراق بعض النباتات بالألياف التركيبية، وتصنف الى ألياف طرية وأخرى جامدة. ويحصل على الطرية من سيقان نباتات الألياف مثل الكتان (شكل ٦٦) والجوت، بينما الجامدة من النسيج الليفى الوعائى لأوراق نباتات الألياف مثل السيسال وقنب مانيلا Manilla kenp.

ويتفاوت طول الخلية الليفية في النباتات المختلفة. فمثلا، يتراوح طول الخلية الليفية بالمليمتر في ألياف الجوت بين ٨ر-٦؛ الكتان بين ٥ر٧ - ١١، والرامى بين ٥٠-٢٥٠. ومن ناحية أخرى، يبلغ طول الليفة في الكتان ٣٠-٩٠ سنتيمترا، والجوت ٥-١٠ أقدام، وقنب مانيلا ٦-١٠ أقدام، والسيسال حوالى ٤ أقدام. ويتوقف طول الليفة في كل من السيسال وقنب مانيلا، الأول على طول نصل الورقة، والثانى على طول غمد الورقة.

شعر القطن Cotton lint يمثل نوعا من الألياف السطحية. وتنشأ الشعرة نتيجة لاستطالة الجدار الخارجى لخلية ما من خلايا بشرة غلاف البويضة الخارجى. والشعرة الناضجة عبارة عن أنبوبة طويلة ملتوية بها فجوة وسطية على هيئة قناة تمتد بطول الشعرة. وجدار الشعرة سميك يحتوى على حوالى ٩١٪ سليلوز، وتكسوه أدمة من مواد كيوتينية وصمغية وبكتينية. ويحتوى القطاع العرضى للشعرة على حوالى ست ملايين لويفة.

ويمثل الحرير النباتى المعروف تجاريا باسم شعر الكابوك Kapok نوعا آخر من الألياف السطحية، يحصل عليه من ثمار نبات قطن الحرير Ceiba pentandra. وهذا الشعر خفيف ولامع، أبيض غالبا، ويتراوح طول الشعرة بين $\frac{١}{٢}$ - $\frac{١}{٢}$ ١ بوصة. والشعرة وحيدة الخلية، أسطوانية الشكل وطرفها مدبب ويوسطها فجوة واسعة ممتلئة بالهواء. وتنتج الشعرة عن نمو خلية واحدة من خلايا بشرة الجدار الداخلى للمبيض.

الأنسجة الوعائية THE VASCULAR TISSUES

يتألف الجهاز الوعائى Vascular system في النباتات مغطاة البذور من نسيجى الخشب Xylem واللحاء Phloem. يمتد هذا الجهاز في جميع أعضاء النبات ويمثل جزءا رئيسيا فيها. ويعتبر وجود الجهاز الوعائى خطوة هامة في تطور المملكة النباتية أدت الى

نجاح وبقاء أعداد كبيرة من النباتات في بيئة الأرض.

ولقد أدخل Nagelli في عام ١٨٥٨ مصطلحى Phloem و Xylem, ليدلا على نسيجى الخشب واللحاء اللذان يتألف منهما الجهاز الوعائى. ويحافظ النبات على امتداد الجهاز الوعائى في جسمه الابتدائى بالزيادة المستمرة في مكوناته نتيجة لنشاط المرستيمين القميين للساق والجذر وفروعهما.

يتركب كل من هذين النسيجين، في مغطاة البذور، من بضعة أنواع من الخلايا، تختلف عن بعضها في الشكل والتركيب والوظيفة.

الخشب XYLEM

الخشب هو النسيج الأساسى الناقل للماء وما به من أملاح ذائبة، ويكون مع الحاء، الجهاز الوعائى الممتد في جسم النبات. ويقوم الخشب أيضا بتدعيم جسم النبات وتقويته. نسيج الخشب الذي يتكون في الجسم الابتدائى للنبات يسمى الخشب الابتدائى Primary xylem ويتكشف نتيجة لنشاط خلايا الكامبيوم الأول -Procam - bium في سيقان وجذور النباتات ذات الفلقتين التي يحدث منها نمو ثانوى، بعد أن يستكمل عضو النبات مرحلة النمو الابتدائى، ينشأ الخشب الثانوى Secondary xylem نتيجة لتكشف مشتقات بداءات الكامبيوم الوعائى Vascular Cambium.

والخشب من الناحية التركيبية، نسيج معقد يتألف من بضعة أنواع من الخلايا، بعضها حى والبعض الأخر غير حى. وأكثر خلايا الخشب أهمية هى العناصر الناقلة التي تقوم بنقل الماء والمواد الذائبة فيه مابين الجذر وبقية أجزاء النبات، لاسيما الأوراق، كما يقوم أيضا بوظيفة التدعيم. ويشمل هذا النسيج نوعان من الألياف للتدعيم، وخلايا بارنكيمية متنوعة ومتخصصة في التخزين والتوصيل.

العناصر الناقلة TRACHEARY ELEMENTS

وهى أكثر مكونات الخشب تخصصا وتقوم بنقل الماء والمواد الذائبة فيه من الجذر الى بقية أجزاء النبات. تتميز العناصر الناقلة بخلوها من البروتوبلاست عند النضج، كما أن جدرها تكون ثانوية سميكة ملجننة. وتترسب مكونات الجدار الثانوى في طرز متنوعة مثل الحلقى Annular والحلزونى Spiral والسلمى Scalariform. والنقر في جدر العناصر الناقلة للماء تكون غالبا مضفوفة Bodered pits. وتشمل هذه العناصر، في الغالبية العظمى من مغطاة البذور الأوعية والقصيبات.

(١) الأوعيـــة Vessels

تمثـل الأوعية احـدى الصفـات الهـامـة المميزة لنسيج الخشب في الغالبية العظمى للنباتات مغطاة البذور. وتوجد بضع عائلات بدائية تتبع الرتبة الشقيقية Ranaless مثل Winteraceae, Tetracentraceae, Trachodendraceae يتميز نسيج الخشب فيها بعدم احتوائه على الأوعية. في عدد من عائلات نباتات البيئة المائية مثل Lemnaceae, ceratophyllaceae, Nymphaceae لاتوجد أوعية في نسيج الخشب. بالاضافة لذلك، فان بعض عائلات ذوات الفلقة الواحدة مثل العائلة الألزمية Alismaceae لاتوجد أوعية في الأوراق والسيقات وانما توجد في الجذور، كما أن معظم النباتات المتطفلة يخلو الخشب فيهـا من الأوعية. الأوعية قد يتكون منها الجزء الأكبر من نسيج الخشب كما في بعض الأشجار مثل الحور Populus والزيزفون Tilia وكثير من المتسلقات والأعشاب. أحيانا، بعض النبـاتـات العشبية من ذوات الفلقتـين يحتـوى الخشب فيها على عدد قليل من الأوعية أو يخلو منها كما في العائلة الشوكية Cactaceae. لقد عرف وجود الأوعية في بعض مغطاة البذور في حوالى منتصف القرن التاسع عشر.

والوعاء تركيب أنبوبي يمتد طوليا في النبات ويسمح للسوائل بالمرور خلاله دون أى عائق. ويتركب الـوعـاء من صف واحـد من خلايا مرتبـة رأسيا تعرف باسم وحدات الأوعية Vessel members. وتجـاويف هذه الـوحـدات متصلة تمامـا بعضها مع بعض ومكونة مع جدرها تركيبا أنبوبيا.

والـوحـدات المكونة للوعاء تكون عادة متطاولة، طولها حوالى سبعة أمثال قطرها، أحيانـا كما في جنس القرع Cucurbita والبلوط الأبيض Quercus Alba تكون وحدات الوعاء قصيرة تشبه في شكلها الطبلة. وقد تتراكب نهايات وحدات الأوعية فوق بعضها البعض. والـوحـدات الناضجة تكون خالية من البروتوبلاست. ويختلف طول وحدة الوعاء في أى نوع من النباتات وحتى في أجزاء نفس الشجرة. والوحدات التي تتكون مبكرا تكون أقل طولا من التي تتكون في مرحلة متأخرة من حياة النبات، كما أن النباتات بطيئـة النمـو تكون غالبا أقل طولا من السريعة. ووحدات الوعاء التي طولها أقل من ٣٥٠ ميكـرون في ذوات الفلقتـين، مثـلا تعتبر قصيرة، أما التي يزيد طولها عن ٨٠٠ ميكرون تعتبر طويلة.

والجـدر الفـاصلة بين وحـدات الأوعية في مغطاة البذور تكون غالبا أفقية، وقليلا تكون مائلة. وتتميز الجدر بوجود فتحة أو أكثر يسمى كل منها ثقب Perforation يسمح بمرور الماء من وحدة الى أخرى دون أى عائق. والوحدة الطرفية للوعاء تنتهى بجدار

خال من الثقوب. الجدار المثقب بين وحدتين وعائيتين متتاليتين يسمى الصفيحة المثقبة. Perforation plate (شكل ٦٨ب). في معظم ذوات الفلقتين وذوات الفلقة الواحدة تحتوى الصفيحة المثقبة على ثقب واحد فتسمى بسيطة التثقب Simple perforation plate. هذا الثقب يكون غالبا دائرى الشكل، يشغل معظم الجدار المستعرض، الذي يختزل في هذه الحالة، الى حافة ضيقة. وإذا احتوت الصفيحة على أكثر من ثقب سميت عديدة الثقوب Multiple perforation plate. قد تكون الثقوب ضيقة في الصفيحة عديدة الثقوب على هيئة شقوق متطاولة مرتبة في تتابع متوازى، ويفصلها عن بعضها البعض عوارض جدارية ضيقة فتسمى الصفيحة عندئذ سلمية الثقوب Scalariform perforation plate. وهناك نوع آخر من الصفائح عديدة الثقوب يسمى الشبكى Reticulate perforation plate تكون الثقوب فيه عديدة وصغيرة يفصلها عن بعضها البعض عوارض جدارية شبكية. وغالبا تكون الصفائح الأفقية بسيطة التثقب بينما المائلة شبكية، مع وجود شواذ كثيرة.

وأكثر أنواع الصفائح المثقبة شيوعا هى السلمية والبسيطة، والطراز الشبكى غير شائع. ويعتبر النوع السلمى بدائى بينما وحيدة التثقيب تعتبر راقية. وجزء الصفيحة المتبقى بعد حدوث التثقيب يسمى حافة الثقب Perforation rim. تتفاوت هذه الحافة في الاتساع تبعا للنوع النباتى بين العريضة في صورة حزام والضيقة والتي يتعذر تميزها، وتشبه هذه الحافة في تركيبها الجدر الجانبية لوحدة الوعاء، قد يحتوى النوع أو الجنس على أوعية ذات نوع واحد من الثقوب أو نوعان، وفي هذه الحالة الأخيرة تكون الأوعية الواسعة بسيطة الثقب أما الضيقة فتكون سلمية.

ومن الصعب تحديد الطول الحقيقى للوعاء، فالأوعية تتفاوت في الطول تبعا لنوع النبات، ونوع الخشب، وموقعه وسرعة النمو. وقد يكون الوعاء قصيرا جدا لايزيد طوله عن بضعة سنتيمترات وقد يكون طويلا يصل الى بضع أمتار في نسيج الخشب. وفي النباتات المتسلقة والأشجار، مثل شجرة البلوط Quercus يصل طول الوعاء الى حوالى مترين.. وغالبا، لايتجاوز طول الوعاء مترا واحدا، وكثيرا يقل عن متر.. ورغم ان الأوعية أكثر اتساعا من القصيبات، فهناك أوعية ضيقة يتراوح قطر الوعاء فيها بين ٢٠-٤٠٠ ميكرون، وقد يزيد قطر الوعاء عن ملليمتر بقليل. والأوعية الواسعة تتميز بها بعض النباتات مثل الذرة الشامية Zea وكثير من الكروم (حوالى ٧٠٠ ميكرون) والمتسلقات الخشبية وبعض الأشجار مثل البلوط Quercus ولسان العصفور Fraxinus والكستناء Castanea.

ومن المشكوك فيه أن تمتد الأوعية من الجذر الى قمة الساق في أى نبات، فالعناصر

الـوعائية تتفرع في بعض مناطق جسم النبات لاسيما عند عقد الساق ونصل الورقة، وعنـد تفـرعـات الجذر، كما تتداخل معـا الأمـر الـذي يجعـل امكـانية تحـديد طـول الوعـاء أمـرا متعــذرا .

تركيب الجدار الثانوى في الوعاء

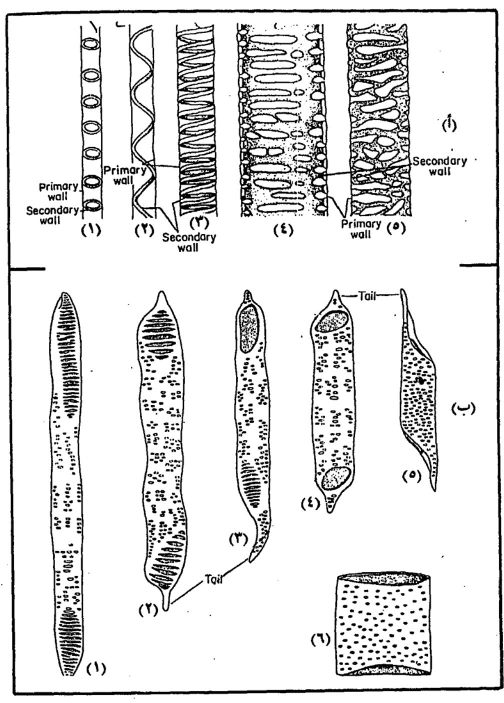
يتركب الجدار الثانوى لعناصر أوعية الخشب الناقلة للماء من السليلوز واللجنين. ولاتضاف المواد الجدارية بصورة منتظمة على الجدار الابتدائى ، وانما وفق طرز مختلفة. والجـدار الثانوى يغطى مساحات قليلة في العناصر التي تتكشف أولا ، ثم تتزايد هذه المساحة تدريجيا مع تكشف بقية العناصر.

ففي الخشب الابتدائى ، الجدار الثانوى في العناصر التي تتكشف أولا ، يترسب في شكـل حلقـات منفصلة ثم حلزون واحـد أو أكثـر ثم في شكل سلمى. تعرف هذه التغلظات الجدارية على التوالى باسم الحلقى Annular thickening والحلزونى Spiral thickening والسلمى Scalariform thickening (شكـــل ٦٨ أ). وتتميز آخـر الأوعية تكشفا في الخشب الابتدائى وفي الخشب الثانوى بان الجدار الثانوى لها يغطى الجدار الابتدائى ، الا في مواقع النقر، ويعرف هذا النوع من التغليظ بالمنقر Pitted. وليس من الضرورى أن توجد جميع الطرز السابقة لتغلظات الجدار الثانوى في كل نبات ، كما قد توجد أوعية ذات تغلظات انتقالية بين طراز وآخر، أو يوجد أكثر من طراز في نفس الوعاء وحتى في نفس عنصر الـــوعـــاء، كوجـود الحلقى مع الحلزونى أو السلمى. وتختلف الحلقـات والحلزونـات في السمـك. وقد تكون بعض الحلزونات ذات تجويف عميق لدرجة تبدو مزدوجة ، وأحيانا يوجد أكثر من حلزون في وحدة الوعاء.

ومعظم النقر في الجدر الجانبية للأوعية تكون مضفوفة ، وأحيانا تحتوى الجدر على نقر نصف مضفـوفـة أو بسيطة. وليست جميع النقر الموجودة بجدار وحدة الوعاء من نوع واحد، فنادرا يحدث ذلك. وتوجد نقر زوجية مضفوفة في الجدر الجانبية لوحدات الأوعية المتجاورة بينما تكون النقر زوجية بسيطة أو زوجية نصف مضفوفة في الجدر بين العناصر الـوعـائية والخلايا البارنكيمية. وفي الحالة الاخيرة تقع النقرة المضفوفة في جدار وحدة الـوعـاء بينـها البسيطة في جدار الخلية البارنكيمية. وإذا كانت هذه العناصر ملاصقة للألياف ، فان النقر تكون غالبا غير موجودة في كل من جدارى الوعاء والألياف ، وان وجدت تكون قليلة العدد وصغيرة الحجم.

النشـوء التكوينـى للوعـــاء Ontogeny of a Vessel

ينشأ الوعاء من تطور صف طولى من خلايا مرستيمية كل منها عبارة عن بداية لوحدة



(شكل ٦٨): أ ـ طرق التغليظ الثانوى في عناصر الخشب الناقلة ـ (١) تغليط حلقى، (٢) حلزونى، (٣) حلزونى كثيف، (٤) سلمى، (٥) شبكى.

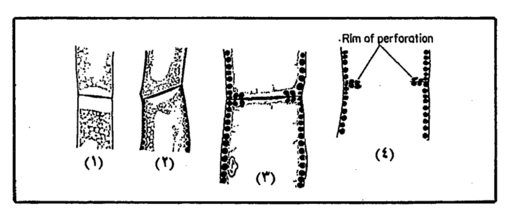
ب ـ طرز الأوعية (١، ٢) صفيحة سلمية التثقب، (٣) وحدة وعاء ذات صفيحة بسيطة التثقب وأخرى سلمية التثقب، (٤ ـ ٦) صفائح بسيطة التثقب.

وعـائية Primordial Vessel member سواء من الكـامبيوم الأول Procambium بالنسبة للخشب الابتدائى أو من مشتقات خلايا الكامبيوم الوعائى بالنسبة للخشب الثانوى (شكل ٦٩)، وذلك بالتحام أطرافها بعضها مع بعض في الأدوار الأولى للنمو.

بعد هذه المرحلة الانشائية، تأخذ بدايات الوحدات الوعائية في الاستطالة، وعادة تتسع جانبيا بدرجة كبيرة. قد تزداد بدايات وحدات الأوعية ذات الثقوب السلمية Scalariform perforation والبسيطة Simple perforation أكثـر من غيرهـا في الطول، ويتكـون عن أطـرافها بروزات على شكل ذيل يتوغل بين الخلايا المحيطة. ووحدات الأوعية التي سوف تكون كبيرة القطر تزداد بداياتها بدرجة كبيرة. ويبقى بروتوبلاست وحدة الوعاء نشيطا طوال فترة زيادتها في الحجم.

وبعد أن تصل البدايات الى حجمها النهائى يبدأ البروتوبلاست في ترسيب مكونات الجدار الثانوى على جدرها الابتدائية طبقا للطابع المميز لها. وأجزاء الجدار الابتدائي للحواجز العرضية الفاصلة بين الوحدات التي ستتكون فيها الثقوب، لاتترسب عليها مكونات الجدار الثانوى. ومع هذا، فان هذه الاجزاء تكون عادة أكثر سمكا من بقية الجـدار الابتـدائى، ويرجـع ذلـك الى انتفـاخ الصفيحة الوسطى فيها. هذه المناطق المنتفخة لاتلبث أن تتكسر حيث تتكون الثقوب بعد أن يتم نضج الجدار الابتدائى، وأحيانا بعد أن يكون الجدار الثانوى قد تكون جزئيا أو كليا.

وعملية ازالة مادة الجدار الابتدائى في منطقة الثقب ليست معروضة على وجه الدقة



(شكل ٦٩): رسوم تخطيطية تبين طريقة تكوين الصفيحة المثقبة في الجدار الفاصل بين وحدتين وعائيتين متتاليتين طوليا في ساق نبات الكرفس. لاحظ بداية انتفاخ المادة البينية في الجـدار العـرضى الفـاصـل بين الوحدتين (١، ٢). ازدياد انتفاخ المادة البينية مع ترسيب الجدار الثانوى، (٣) اختفاء الجدار الفاصل بين الوحدتين مع وجود حافة الثقب واختفاء البروتوبلاست (٤).

تماما، وان كان من المرجح أن بروتوبلاست وحدة الوعاء يقوم بازالة مكونات الجدار في هذه المناطق. وربما تذوب المكونات غير السليلوزية بينما لويفات السليلوز الدقيقة تدفع جانبيا من مكانها الى حافة الثقب.

وبعد تكوين الجدار الثانوي في وحدة الوعاء وكذلك الثقوب، يأخذ البروتوبلاست في التحلل، ويتكون عن بقاياه طبقة تبطن جدر هذه الوحدة.

وفي كثير من ذوات الفلقتين تتسع وحدات الأوعية عند جزئها الأوسط وليس عند الأطراف التي تتراكب فوق بعضها. هذه الأطراف المتراكبة لاتتكون فيها ثقوب، وتبدو متطاولة في صورة ذيل يحتوى على نقر أو يخلو منها. وتنشأ الثقوب، في هذه الحالة، في الجدر الجانبية قريبا من أطراف هذه الوحدات ذات الأطراف المتراكبة.

(٢) القصيبات Tracheids

توجد القصيبات في خشب غالبية النباتات مغطاة البذور. وقد استخدم Sanio مصطلح Tracheid عام ١٨٦٣، وأوضح نواحى التشابة والاختلاف بين عنصر الوعاء والقصيبة.

والفرق الأساسى بين هذين النوعين من الخلايا يتركز في أن أطراف القصيبات غير مثقبة بينما الجدر الطرفية لعنصر الوعاء تحوى ثقبا أو أكثر. والقصيبة بدائية بالنسبة للوعاء.

والقصيبة عبارة عن خلية عديمة البروتوبلاست عند النضج، وهى متطاولة نوعا، ذات جدر ثانوية صلبة ملجننة. وأطراف القصيبات مدببة خالية من الثقوب Imperfo-rated (شكل ٦٧ أ).

والقصيبة متعددة السطوح فتظهر مضلعة وأحيانا مستديرة في القطاع العرضى، وهى أقل قطرا من عنصر الوعاء غير أن جدرها أكثر سمكا. تتركب القصيبات في صفوف طويلة مثل عنصر الأوعية، وتتراكب أطرافها فوق بعضها البعض حيث تكثر النقر الزوجية المضفوفة. ونظرا لانعدام الثقوب في أطراف القصيبات، فان الماء يمر من قصيبة الى أخرى عبر أغشية النقر وهى رقيقة جدا. يتراوح طول القصيبة بين ٥-٦ ملليمترات، وقطرها حوالى ٣٠ ميكرون. وتمتد القصيبة باتجاه المحور الطولى لعضو النبات، وتتصل بها يجاورها من قصيبات أو خلايا أخرى عن طريق النقر. والجدار الثانوى بأخذ طرزا مشابهة لتلك التي توجد في جدر عناصر أوعية الخشب الابتدائى.

ويكثر وجود النقر الزوجية المضفوفة في جدر القصيبات المتلاصقة وكذلك المجاورة للأوعية، بينما لاتوجد نقر في الجدر بين القصيبات والألياف. والجدر التي بين القصيبات

والخلايا البارنكيمية تحتوى على نقر بسيطة أو نصف مضفوفة .

وتجويف القصيبة كبير وخال من أى محتويات ، ولهذا فهى مهيأة أساسيا لتوصيل الماء رغم أنها أقل أهمية ، في معظم مغطاة البذور، في نقل الماء من الأوعية .

وتنشأ القصيبات أيضا من الكامبيوم الأول أو الكامبيوم الوعائى ، أساسا بطريقة تماثل تلك التي تنشأ بها وحدة الوعاء، فيما عدا الاختلاف في الشكل والحجم بالنسبة للخلية الناتجة ، وليس هناك التحام بين الوحدات المتتالية رأسيا كما في حالة الوعاء . ويحدث اتساع ضئيل في قطر بداية الكامبيوم عند تكشف القصيبة في ذوات الفلقتين بينما تزداد القصيبة في الطول بحيث تصبح أكثر طولا من البداية التي تكشفت عنها .

(٣) أليــاف الخشـــب Xylary Fibers

يكثر وجود الألياف في الخشب الثانوى، ويندر وجودها في الخشب الابتدائى . وألياف الخشب ذات جدر أكثر سمكا من القصيبات ، ويتراوح طولها بين ٣٠ـ٥٠ مرة قدر قطرهـا ، وأطرافهـا مستدقـة وفجـوتها ضيقة ، ويقل وجود الألياف كلما ازدادت القصيبات في الخشب . وتقوم الألياف بوظيفة ميكانيكية .

ولقد سبقت الاشارة الى وجود نوعين من الألياف في نسيج الخشب الثانوى هما القصيبات الليفية Fiber tracheids وألياف الخشب اللحائية Labriform fibers (شكل ٦٧ جـ) . الألياف الأخيرة تكون أكثر طولا وجدرها أكثر سمكا من القصيبات الليفية نظرا لنموها الطرفى التوغلى الزائد . والنقر في القصيبات الليفية تكون مضفوفة ، قليلة العدد، صغيرة الحجم ، ضفاتها مختزلة ، وفتحاتها الداخلة ضيقة . أما النقر في ألياف الخشب اللحائية فتكون بسيطة والجدر زائدة السمك . توجد ألياف الخشب اللحائية بوفرة في خشب ذوات الفلقتين الخشبية .

وفي بعض القصيبات يبقى البروتوبلاست حيا ، وتتكون فيها حواجز عرضية Septa رقيقة بعد تكوين الجدار الثانوى ، فتصبح القصيبة الليفية عبارة عن صف من بضع خلايا فتسمى حينئذ قصيبة ليفية مجزأة Septate fiber Tracheid. هذه الحواجز عبارة عن جدر ابتدائية غير ملجننة ، وكل خلية منها ذات بروتوبلاست ونواة ، وقد يبقى هذا البروتوبلاست حيا لفترة طويلة . وتوجد القصيبات الليفية المجزأة في خشب كثير من الشجيرات وأشجار المناطق الحارة . وأحيانا قد تصبح ألياف الخشب اللحائية مجزأة .

(٤) بارنكيمـا الخشـــب Xylem Parenchyma

البارنكيما شائعة الوجود في كل من الخشب الابتدائى والثانوى، وتبقى حية طالما أن الخشب يقوم بوظيفته في نقل الماء والعناصر الذائبة فيه . وتقوم هذه الخلايا بالتوصل

الجـانبى في الأجـزاء الحية من النسيج الـوعـائى حيث ينتقل الماء عبر هذه الخلايا من الخشب الى الكـامبيوم واللحـاء، والغـذاء المجهـز من اللحاء الى الكامبيوم وبارنكيما الخشب ومنها الى الخلايا الداخلية من أشعة الخشب حيث يخزن الغذاء.

وفي الخشب الإبتـدائى توجـد البـارنكيما بكميات ملمـوسـة خاصـة في الجزء التي يتكشف منـه أولا . وقـد تبقى جدر هذه الخـلايا رقيقة بعد تحطم العناصر الوعائية أو تصبح ملجننة. وفي الخشب الثانوى توجد البارنكيما في صورتين مختلفتين:

١ ــ بارنكيما الخشب المحورية Axial xylem parenchyma

٢ ــ بارنكيما الأشعـــة Ray parenchyma

تكـون البـارنكيما المحـورية من البـداءات المغـزلية Fusiform initials في الكامبيوم الـوعائى، كما هو الحال في العناصر الوعائية والألياف، وقد تماثلها في الطول أو تكون أقصر منها. فإذا انقسمت خلية مشتقة عن بداءة مغزلية انقساما عرضيا قبل أن تتكشف الى خلية بارنكيمية، تكون شريط من مجموعة رأسية من بضع خلايا تلتحم مع مثيلتها التي تعلوها والتي أسفلها فتصبح في صورة أعمدة أو صفوف عمودية تمتد الى مسافات ليست قصـيرة في الخشب الثـانـوى. وهـذه الصفوف سمكها صف واحد من الخلايا المتطاولة، وأحيانا يوجد صفان متجاوران أو أكثر في هيئة حزم مختلفة الحجم.

ومقـدار بارنكيما الخشب المحـورية في خشب ذوات الفلقتين يكون متنوعا، وتأخذ صورا مختلفة ومتداخلة.

فقد توجد البارنكيما المحورية متناثرة بين عناصر الخشب الرأسية في حلقة النمو السنوية فتسمى البارنكيما المنتشرة Diffuse parenchyma كما في التفاح Malus Sylvestris والبلوط Quercus suber.

البارنكيما التي تتكون على سطح الخشب المتأخر Late Wood الذي يتكون عند نهاية موسم النمو في صورة أشرطة منفصلة أو كتل مماسية تسمى البارنكيما الختامية Terminal parenchyma كما في الصفصـاف Salix والمـانـوليا Magnolia. وقد توجد بارنكيما أشعة الخشب ناشئة من بداءات الأشعة Ray initials في الكامبيوم الوعائى وتترتب في شكلين؛ الأول منبـطحـا Procumbent وهـو الشكـل الشائع، ومحورها الطويل في اتجاه قطرى بالنسبة للمحور الطويل للعضو النباتى. وفي الشكل الثانى تكون بارنكيما الاشعة قائمة Upright ray cells حيث يكـون المحور الطويل للخلية رأسيا. وهذه الخلايا أقصر من بارنكيما الخشب المحـورية. وغـالبـا يوجـد النـوعان معا في شعاع واحد؛ القائم عند الحـافتـين العليا والسفـلى للشعـاع بينها المنبطح يكون داخليا. وخلية الشعاع متوازية الأضلاع، غالبا مستطيلة، وقد تبدو مستديرة في القطاع العرضى. وأشعة الخشب هى

جزء من أشعة Rays النسيج الوعائى الذي يقع الى الداخل من الكامبيوم الوعائى وتمتد قطريا في نسيج الخشب وتتفاوت في الطول والعرض والارتفاع.

ويوجد نوعان من أشعة الخشب؛ الأول يكون سمك الشعاع فيه خلية واحدة أى وحدة الصف Uniseriate كما في الحور Populus والثاني يكون ثنائيا أو عديد الصفوف Multiseriate. الأشعة عديدة الصفوف قد تكون متجانسة Homogenous تتركب من نوع واحد من بارنكيما الأشعة، اما قائمة أو منبطحة، أو غير متجانسة Heterogenous تتركب من خلايا قائمة وأخرى منبطحة. ويتباين عرض الشعاع في نوع النبات الواحد، في البلوط Quercus مثلا يكون الشعاع وحيد أو عديد الصفوف بينما في الاسفندان Acer يتراوح عرض الشعاع بين صفين وعشرة صفوف.

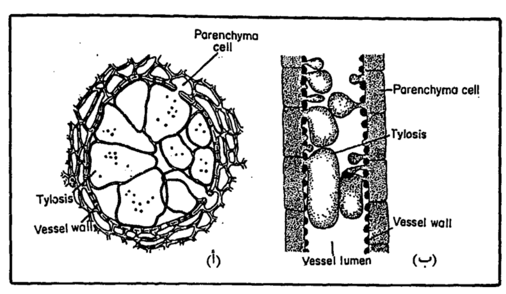
وتتباين أشعة الخشب أيضا في الارتفاع، فيتراوح ارتفاع الشعاع بين خلية واحدة الى عدة خلايا، أى يتراوح بين أقل من الملليمتر الى بضع سنتمترات. ويختلف الامتداد القطرى لاشعة الخشب في النبات نظرا لتكوين أشعة جديدة باستمرار نتيجة لنشاط الكامبيوم الوعائى مع زيادة محيط محور النبات، كما يتوقف الشعاع بعد بداية تكوينه بفترة. ويتنوع شكل أشعة الخشب في القطاعات الطولية المماسية للخشب الثانوي باختلاف نوع النبات. فقد يبدو هذا الشكل ضيقا طويلا، أو بيضيا أو مستطيلا، وقد يبدو مغزليا أو عديسيا أو مستدق الأطراف، وعادة يكون الشكل ثابتا في النوع الواحد.

وخلايا بارنكيما الخشب وأشعة الخشب قد تكون رقيقة أو سميكة الجدر، وعادة تكون سميكة الجدار الثانوى وملجننة في الخشب الثانوى. وإذا كانت الجدر سميكة، فان النقر في الجدر الفاصلة بينها وبين العناصر الوعائية الملاصقة تكون مضفوفة، ونصف مضفوفة أو بسيطة النقر فيما بينها وبين بعضها البعض تكون بسيطة.

وبالاضافة الى التوصيل الجانبى للمواد الذائبة، تقوم الخلايا البارنكيمية في نسيج الخشب بتخزين المواد الغذائية الزائدة في صورة نشا ودهون. ويتجمع النشا في نهاية فصل النمو ليستهلك كليا أو جزئيا أثناء فترات النشاط في الموسم التالي. وتخزن هذه الخلايا أيضا الدباغ والراتنجات وبلورات متنوعة وغيرها. والخلايا المحتوية على بلورات قد تكون مجزأة بحواجز عرضية داخلية من السليلوز.

التيلــــوزات TYLOSES

عندما تتوقف الوحدات الناقلة للماء عن القيام بوظيفتها أو حدوث جرح ما في نسيج الخشب، تتكون تراكيب كروية الشكل أو كمثرى منتفخة في تجاويف هذه الوحدات تسمى التيلوزات (شكل ٧٠ - أ). وقد تبقى التيلوزة صغيرة أو تصبح كبيرة الحجم لدرجة تمتلىء بها تجويف القصيبة أو وحدة الوعاء Vessel number. ويتوقف حجم التيلوزة



(شكل ٧٠): أ ــ قطاع عرضى في وعاء من ساق نبات شجرة الجراد يوضح التيلوزات.
ب ــ قطاع طولى في وعاء ساق نبات العنب يوضح تكشف التيلوزات من الخلايا البارنكيمية المجاورة للوعاء.

وشكلها على شكل تجويف القصيبة أو حدة الوعاء التي امتدت خلاله وعدد التيلوزات التي تتكون فيه. وقد تنقسم التيلوزة وينشأ عن انقسامها نسيج يملىء تجويف الوحدة الناقلة، ويؤدى إلى غلقها.

وتنشأ التيلوزات نتيجة لنمو جدر خلايا بارنكيما الخشب وبارنكيما أشعة الخشب في نسيج الخشب، الابتدائى ولاسيما الثانوي، الى داخل تجاويف الوحدات الناقلة المجاورة لها عبر أغشية النقر الزوجية نصف المضفوفة الموجودة بين جدر بارنكيما الخشب أو أشعة الخشب والوحدات الناقلة للماء. وجزء الجدار الذي يخترق غشاء النقرة هو الذي تتكشف عنه التيلوزة وينتقل اليه جزء من سيتوبلازم الخلية وكذلك النواة. وقد تتكون أكثر من تيلوزة من كل خلية بارنكيمية، وقد تنشأ تيلوزة من خلال النقر التي تصل الوعاء بالخلية البارنكيمية كما في شجرة الجراد Robinia أو من بعض النقر كما في الجوز Juglans.

وفي كثير من مغطاة البذور، توجد التيلوزات في نسيج الخشب، وتنشأ غالبا خلال فترة تحول الخشب العصيرى Sap wood الى صميمى Heart wood. وتوجد التيلوزات أيضا في أوعية الأعشاب مثل القرع Cucurbita الكوليس Coleus الكنا Canna والعليق Convolvulus. ورغم أن التيلوزات توجد أحيانا في الخشب الابتدائى، فهى تعتبر من صفات الخشب الثانوى.

وقـد تبقى جدر التيلوزات رقيقـة، وقد تصبح ثانوية سميكة وقد تتلجنن. ونتيجة لانسـداد تجاويف الـوحدات الناقلة للماء، تتوقف نفاذية الماء والهواء من خلالها الأمر الـذي يزيد من صلاحية الخشب في الأغراض المختلفة كما يزيد متانته، كما يؤدى الى اعاقة سريان المواد الحافظة التي يعالج بها الخشب.

الخشب الإبتدائى Primary Xylem

هو نسيج الخشب الـذي يشتق مبـاشرة من الكـامبيوم الأول Procambium وذلك خلال فترة النمو الابتدائى لجسم النبات الوعائي، وخلايا الكامبيوم الأول تتميز بأنها متطاولة، ضيقة ذات سيتوبلازم كثيف، وبهذا التركيب تصبح متميزة عن خلايا المرستيم الأساسى التي تحيط بها.

ويبدأ ظهور الكامبيوم الأول كأشرطة منفصلة قريبا من قاعدة المرستيم القمى لكل من الساق والجذر، ويكون الكامبيوم حديث التكوين متصلا بأشرطة الكامبيوم الأكبر عمـرا والنسيج الوعائى في الأنسجة التي نضجت، وبذلك فان تطور الكامبيوم الأول قمى ـ قاعدى، وتزداد أشرطة الكامبيوم الأول في القطر نتيجة للانقسامات الطولية في خلاياهـا، وبـاضـافـة خلايا جديدة على حدودها ناتجة من خلايا أشرطة اضافية من المـرستيم القمى. وفي بعض الأحيان يكـون، اتسـاع أشرطة الكامبيوم الأول كبيرا، لدرجة أن الأشرطة تلتحم معا فتتكون أسطوانة مجوفة من الكامبيوم الأول.

ومع تكوين الخلايا الجديدة في شريط الكامبيوم الأول يزداد طول خلاياه بدرجة كبيرة وتصبح أطرافها مستدقة. والزيادة في طول خلايا الكامبيوم الأول تساير الزيادة في طول المنـطقة التي يوجد بها جسم النبات. وخلايا الكامبيوم الأول الآخذة في النضج تتسع تدريجيا في الاتجاه العرضى.

هذه التغيرات تظهر أثرها في حجم وشكل العناصر الوعائية التي تتكون منها الأنابيب الغـربـالية والقصيبـات والأوعية التي تتكشف مبكرا تكون قصيرة ونحيفة بينما المتأخرة تكون أطول وأكثر اتساعا.

وبـاستمـرار النمو، فان خلايا اللحاء الأول، التي تتكشف على الحافات الخارجية لأشرطة الكامبيوم الأول، تتباعد عن خلايا الخشب التي تتكشف على الحافات الداخلية لهذه الأشرطـة، ويزداد أتساع الشريط. وخلايا اللحاء هي التي تنضج أولاً في شريط الكامبيوم الأول، ويتبعها خلايا الخشب، وخلايا اللحاء الأول تقع قريبا من قمة الساق أو الجذر على بعد أقل من ملليمتر واحد.

وفي معـظم النبـاتات ذات الفلقة الواحدة وبعض ذوات الفلقتين العشبية، يمثل

الخشب الابتدائي النسيج الوحيد الناقل للماء، ويتميز الخشب الابتدائي الى نوعين هما الخشب الأول والخشب التالى، على أساس نشوئهما التكوينى.

الخشــب الأول Protoxylem

هو جزء الخشب الإبتدائي الذي يتكشف عند بداية تميز الأنسجة الوعائية في الجسم الابتدائي للنبات. وينضج الخشب الأول اثناء استطالة عضو النبات، وقبل أن يستكمل العضو طوله النهائي.

ويبدأ تكشف الخشب الأول في الساق عند الحافة الداخلية لأشرطة الكامبيوم الأول بينما في الجذر، فيبدأ عند الحافة الخارجية. وتبعا لهذا، فان الخشب الابتدائى في الساق يوصف بأنه داخلى الخشب الأول Endarch Protoxylem بينما في الجذر يكون خارجى الخشب الأول Exarch Protoxylem.

والخشب الأول يعتبر نسيجا معقدا يتألف من أوعية وقصيبات، ومقدار ملحوظ من الخلايا البارنكيمية رقيقة الجدر تحيط بالعناصر الوعائية ويندر فيه وجود الألياف.

والعناصر الناقلة في الخشب الأول تكون قليلة العدد ضيقة أقل من الخشب التالى، وجدرها أقل سمكا ومعظمها من الأوعية. والجدر الابتدائية للعناصر الناقلة التي تتكشف أولا تكون مقواه بتغلظات ثانوية ملجننة في صورة حلقات ضيقة متباعدة عن بعضها، أما العناصر الناقلة التي تتلوها فتترسب الجدر الثانوية بها في صورة أشرطة حلزونية. والتغليظ في الحالة الأولى يسمى حلقى Annular وفي الثانية حلزونى Spiral هذه التغلظات الجدارية تساعد في ابقاء ممرات نقل الماء في العناصر الوعائية مفتوحة خلال استطالة الخلايا وتحول الى حد ما، دون تمزق جدرها الرقيقة. ولهذه العناصر القدرة على الامتطاط، الى درجة معينة، خلال استطالة العضو الذي توجد به، وكثيرا تتمزق أو تتحطم نتيجة لماتتعرض له من قوى الشد الواقعة عليها من أنسجة الساق المجاورة ذات النمو السريع، وأحيانا في الورقة. أما في الجذر فيبقى الخشب الأول دون أن يتمزق لأن تكشفه لايتكامل الا بعد استطالة الجذر. والعناصر حلقية التغلظ هى الأكثر تحطما، حيث تنفصل الحلقات أولا عن بعضها نتيجة لامتطاط الخلايا، وبعدها يتحطم الجدار الرقيق بينها كليا.

والحلزونات أيضا تمتط لدرجة تصبح بعدها مستقيمة، وقد يتحطم الجدار الخلوى في هذه الحالة. والتمزق يحدث في مناطق الجدار الابتدائى والتي تكون عادة رقيقة.

وحينما يتحطم عدد من العناصر الوعائية الناقلة للماء في الخشب الأول، تتكون في أماكن التمزق فجوات على شكل قنوات تسمى فجوات الخشب الأول Protoxylem. Lacunae وكثيرا تشاهد بقايا العناصر المحطمة على حافات هذه الفجوات.

وتوجد هذه الفجوات في كثير من النباتات العشبية، لاسيما في ذوات الفلقة الواحدة. وفي بعض الأحيان، لاتتكون هذه الفجوات نظرا لزيادة نمو الخلايا البارنكيمية المحيطة خلال فترة تمزق العناصر الناقلة لدرجة تملىء الفجوات. وفي الخشب الأول بالحزمة الوعائية، يوجد التغليظ الحلقى، والحلزونى وأحيانا السلمى، وقد يغيب طراز أو اثنين منها. والعناصر حلزونية التغليظ تمثل المقدار الأكبر عادة من الخشب الأول. وحينما يكون نمو المحور سريعا، تكثر العناصر حلقية التغليظ، بينما لاتوجد هذه العناصر أو يكون عددها قليلا اذا كان النمو بطيئا. ولاتختلف العناصر الناقلة في طراز التغليظ فقط، وانما كل عنصر يزداد في الاتساع عن الذي يسبقه في التكشف، ولقد اقترح Rus-sow مصطلح Protoxylem عام ١٨٧٢.

الخشب التالى Metaxylem

هو جزء الخشب الإبتدائى الذي ينشأ في وقت متأخر من الكامبيوم الأول في المناطق التي لاتزال تنمو بجسم النبات الابتدائى، غير أنه ينضج بعد أن تكتمل استطالة عضو النبات. وتبعا لهذا يكون أقل تأثرا، من الخشب الأول، بالاستطالة التي تحدث في الأنسجة المحيطة، ولهذا لاتتكسر عناصره بالشد. والعناصر الناقلة في الخشب التالى تتميز باتساعها عنها في الخشب الأول كما أنها تبقى دون أن تتمزق بعد استكمال النمو الابتدائى. وفي النباتات التي لايحدث فيها نمو ثانوى، يبقى الخشب التالى نشطا طوال حياة النبات.

والتغلظات الثانوية التي تحدث في جدر العناصر الناقلة للخشب التالى تأخذ صورا أخرى. فإذا كان التغليظ الثانوى مترسبا على الجدار الابتدائى في صورة تركيب شبكى فان تغليظ العنصر الوعائى يسمى شبكيا Reticulate ، أما اذا ازدادت مساحة الجدار الثانوى فأصبحت تكسو أكبر مساحة من الجدار الابتدائى، وتركت مساحات رقيقة محددة ومنتظمة في الحجم والشكل، هى مواضع النقر، بدون تغلظ، كانت العناصر الوعائية منقرة Pitted. والعناصر الشبكية والمنقرة لايمكن أن تمتط. والتغلظات السلمية Scalariform تكون فيها التغلظات عبارة عن قضبان عرضية جدارية تمتد من ركن الى آخر معطية مظهرا يشبه السلم. والتغلظات السلمية تمثل اما مرحلة انتقال بين الخشب الأول والتالى، أو تنتمى الى الخشب الأول. وبهذا تتداخل بعض عناصر الخشب الأول مع الخشب التالى. ومن ناحية أخرى قد تختفى العناصر ذات التغليظ الحلقى من محور النبات اذا كان نموه بطيئا.

ولقد أوضحت بعض البحوث، ان طراز التغليظ الثانوى في عناصر الخشب الناقلة للماء، لاتقدم أساسا ثابتا يمكن بواسطته تمييز الخشب الأول عن الخشب التالى. ولهذا

يتعذر ايجاد حد فاصل دقيق بين الخشب الأول والخشب التالى . ويمكن الاكتفاء باعتبار الخشب الأول يمثل جزء الخشب الابتدائى الذي يتكشف مبكرا خلال فترة الاستطالة الرئيسية لعضو النبات ، بينما الخشب التالى يمثل جزء الخشب الابتدائى الذي ينضج أساسا بعد أن يتوقف العضو عن الاستطالة .

والخشب التـالى يكـون أكثـر تعقيدا من الأول ، حيث أنـه قد يحتـوى على ألياف بالاضـافة الى الأوعية والقصيبات والخلايا البارنكيمية ، والخلايا البارنكيمية قد تكون مبعثرة بين العناصر الناقلة للماء أو تنتظم في شكل صفوف قطرية تشبه الأشعة . ويظهر الخشب التـالى أكثر اندماجا من الأول . وتبقى العناصر الناقلة في الخشب التالي تقوم بوظيفتها بعد استكمال النمو الابتدائى . وفي النباتات التي لايحدث فيها نمو ثانوى يبقى الخشب التالى نشطا في أعضاء النباتات الناضجة طوال حياة النبات .

ويختلف موقع الخشب الأول بالنسبة للتالى في أعضاء النبات ، وهذا الموقع يكون ثابتا لكل عضو . وفي جذور النباتات الزهرية يكون الخشب الأول خارجيا Exarch بالنسبة للخشب التالى أما في سيقان هذه النباتات فإن الخشب الأول يكون داخليا Endarch.

وأحيانـا ، يتركب شريط الخشب الابتـدائى من خب أول فقط كما في معظم الحزم الوعائية الصغيرة أو يتركب من خشب تال فقط كما في بعض الريزومات والجذور بطيئة النمـو . وغـالبـا ، يوجد النوعان معا ، غير أن مقدار كل منهما يختلف تبعا لنوع النبات والعضو وسرعة النمو في منطقة معينة .

نسيج اللحــــاء PHLOEM

اللحاء هو النسيج الرئيسى الناقل للغذاء في جسم النباتات الوعائية ، ويعمل بين أماكن تجهز فيها المواد الغذائية العضوية وأخرى تستهلك فيها هذه المواد أو تخزن . وينشأ اللحاء الابتدائى من الكامبيوم الأول بينما اللحاء الثانوى من الكامبيوم الوعائى . لقد استخدم Nagelli مصطلح Phloem في عام ١٨٥٨ . وتوجد مصطلحات أخرى بديلة لمصطلح Phloem في لغات أخرى مثل الفرنسية والألمانية .

ويوجد اللحاء في جميع أعضاء النبات ويقترن دائما مع الخشب ، يكونان معا الجهاز النسيجى الوعائى الذي يمتد في جسم النبات . ويختلف وضع اللحاء بالنسبة للخشب تبعا لعضو النبات . في الجذور ، توجد أشرطة اللحاء متبادلة مع أشرطة الخشب ، بينما يكون اللحاء خارجيا في الحزم الوعائية في السيقان ، وتجاه السطح السفلى في الأوراق .

وفي بعض العائلات النباتية ، مثل العلاقية Convulvulaceae والباذنجانية Sol-anaceae والقـرعية Cucurbitaceae توجـد أشرطـة ضئيلة من اللحـاء في النخاع ، الى

الداخل من الحزم الوعائية بجسم النبات الابتدائي، وهذا اللحاء يسمى اللحاء الداخلي Internal Phloem ويتألف من بضع أنابيب غربالية وخلايا مرافقة فقط. في العائلة القرعية Cucurbitaceae يوجد اللحاء الى الداخل والى الخارج من الخشب الابتدائى في الحزم الوعائية للسيقان. ومثل هذه الحزم الوعائية تسمى الحزم الوعائية ذات الجانبين Bicollateral Bundles.

واللحاء نسيج دائم معقد، يتألف في النباتات الزهرية من أنابيب غربالية وخلايا بارنكيمية متخصصة تسمى خلايا مرافقة، وخلايا بارنكيمية غير متخصصة تسمى بارنكيما اللحاء، وألياف سميكة الجدر تسمى ألياف اللحاء. وقد يحتوى اللحاء على اسكلريدات وتراكيب حليب نباتى في بعض النباتات.

(١) الأنابيب الغربالية Sieve Tubes

أكثر مكونات اللحاء تخصصا في نقل الغذاء هى الأنابيب الغربالية في مغطاة البذور، اكتشفها Hartig عام ١٨٣٧. تتألف الأنبوبة الغربالية من صف رأسى من خلايا أسطوانية عادة تسمى كل منها وحدة الأنبوبة الغربالية Sieve-Tube Member. والجدر الفاصلة بين وحدات الأنبوبة الغربالية تكون أفقية أو مائلة، تعرف بالصفائح الغربالية Sieve Plates. ويتركب الجدار في الصفيحة الغربالية من الجدارين الابتدائيين للوحدتين المتتاليتين ملتحمان بالصفيحة الوسطى.

والصفائح الغربالية تكون سميكة، محدبة الوجهين، تحتوى على مناطق جدارية رقيقة منخفضة تسمى المساحات الغربالية Sieve Areas عبارة عن رقعات نقرية ابتدائية متخصصة ذات ثقوب دقيقة تجعلها تشبه الغربال يمتد خلالها خيوط سيتوبلازمية، تسمى الخيوط الموصلة Connecting Strands تربط معا سيتوبلازم وحدات الأنبوبة الغربالية المتتالية والمرتبة في صف طولى. وتتفاوت هذه الخيوط في السمك بين التي تماثل خيوط البلازموديزماتا والتي يبلغ سمكها عدة ميكرونات.

ويتراوح قطر الثقب في المساحة الغربالية بين جزء من الميكرون و ١٥ ميكرون أو أكثر، وهى أكبر قطرا من الخيوط الموصلة وتحتوى على مادة الكالوز Callose.

وتعتبر المسطحات الغربالية من مظاهر تخصص الوحدات الغربالية. وتظهر المساحات الغربالية في المنظر السطحى كمساحات منخفضة في الجدار تحتوى على مجاميع من ثقوب عديدة تمر فيها الخيوط الموصلة. وفي القطاعات تظهر كأماكن رقيقة في الجدار تحتوى على الخيوط الموصلة وحولها الكالوز قاطعا الجدار بين تجويفى الخليتين (شكل ٧٠).

وقد توجد المساحات الغربالية في الجدر الجانبية لوحدة الأنبوبة الغربالية، بالاضافة الى الجدر الطرفية، الا أن عددها يكون قليلا، أو لا توجد على الاطلاق، كما أن ثقوبها تكون أقل اتساعا منها في الصفائح الغربالية. والجدار في المساحة الغربالية عبارة عن تركيب مزدوج يتألف من طبقتين من الجدار الابتدائى، كل منهما تنتمى الى احدى الوحدتين الغرباليتين المتتاليتين بينهما الصفيحة الوسطى (شكل ٧٠). ويوجد نوعان من الصفائح الغربالية هما:-

١ - بسيطة Simple Sieve Plate اذا احتوت على مساحة غربالية واحدة كما في جنس القرع Cucurbita

٢ - مركبة Compound Sieve Plate اذا احتوت على عدد من هذه المساحات كما في كثير من النباتات مثل العنب Vitis والدخان Nicotiana والكافور Eucalyptus.

وتترتب المساحات الغربالية في نظام سلمى أو شبكى أو أى نظام آخر. وفي الصفيحة البسيطة تكون الثقوب كبيرة، بينما في المركبة تكون صغيرة، وتنفصل المساحات الغربالية عن بعضها البعض بمناطق جدارية خالية من الثقوب. وبصفة عامة تختلف المساحات الغربالية في العدد وطريقة توزيعها في وحدات الأنبوبة الغربالية تبعا لنوع النبات، وتتفاوت ثقوب المساحات الغربالية في الاتساع، ففى نوع من جنس الحور Populus يتراوح حجم الثقب بين ١,٥ - ٥,٥ ميكرون، والصفصاف Salix من ٢ إلى ٣ ميكرون.

وجدر الوحدات الغربالية ابتدائية رفيعة، تتركب أساسا من السليلوز، وأحيانا تكون الجدر سميكة لامعة متألقة مثل حبات اللؤلؤ تسمى Nacre Wall وقد يصل سمك الجدار الى حوالى نصف قطر الخلية أو أكثر.

ويسترعى التركيب الداخلى لوحدة الأنبوبة الغربالية كل اهتمام، فهى فريدة فى كونها خلية حية تؤدى وظيفتها رغم أنها تكون عديمة النواة عندما يتم نضجها. ويعتبر عدم وجود النواة من أهم الصفات التي تتميز بها بروتوبلاست هذه الوحدة. والنواة تختفى أثناء تكشف الوحدة الغربالية، وقد تتحرر منها النوية قبل أن تختفى ثم تتلاشى فيما بعد. ووجود الصفائح الغربالية يعتبر صفة هامة ثانية تتميز بها وحدة الأنبوبة الغربالية.

ويحتوى بروتوبلاست وحدة الأنبوبة الغربالية على فجوة عصارية غير محددة المعالم، وطبقة محيطية رقيقة من السيتوبلازم تبطن الجدار. والجزء الأوسط من الوحدة الغربالية يحتوى على مخلوط من العصير الخلوى وأجسام مخاطية ذات طبيعة بروتينية موزعة في أماكن متفرقة من تجويف الخلية في صورة مجموعات من أجسام مخاطية Slime Bodies ذات أشكال مختلفة كروية، مغزلية أو حلزونية. وقد يوجد شكل أو أكثر من هذه

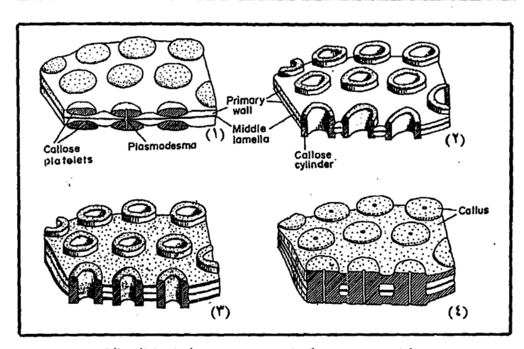
الأجسام في الوحدة الغربالية، وقد توجد فرادى أو متجمعة. وتفقد الأجسام المخاطية شكلها المحدد أثناء تكشف وحدة الأنبوبة الغربالية، وخلال تحطم النواة، تصبح أكثر سيولة، وتتكتل مع بعضها في العصير الخلوى كمادة مخاطية عديمة الشكل. وفي كثير من ذوات الفلقة الوحدة يحتوى البروتوبلاست على كميات ضئيلة من المخاط Slime. وقد يبدو المخاط في صورة أشرطة متصلة بواحد أو أكثر من الصفائح الغربالية ومستمرة مع محتويات الثقب.

واذا تمزقت الوحدة الغربالية أو جرحت، تتراكم المادة المخاطية على الصفائح الغربالية مكونة سدادات مخاطية Slime Plugs. يتميز سيتوبلازم الوحدة الغربالية بوجود الغشاء البلازمى فقط، أما غشاء الفجوة العصارية Tonoplast فانه يتمزق ويختفى خلال مراحل تكشف الوحدة، وبذلك تتلاشى الحدود بين السيتوبلازم والفجوة.

ولقد أوضح المجهر الالكترونى أن سيتوبلازم وحدة الأنبوبة الغربالية يتميز به غشاء بلازمى خارجى ويحتوى على ميتوكوندريات ومقدار ضئيل من الشبكة الاندوبلازمية. ولاتحتوى الوحدة الغربالية على ديكتيوسومات،وتتميز الميتوكوندريا بصغر حجمها واستدارتها وعدم انتظام غشائها الداخلى وربما تكون غير نشطة. والشبكة الأندوبلازمية توجد في صورة حزم صغيرة متوازية على امتداد الجدر الجانبية لوحدة الأنبوبة الغربالية. وهذه الشبكة هي المسئولة عن تكوين الثقوب في الصفائح الغربالية، وكذلك في الجدر بين الأنبوبة الغربالية والخلية المرافقة، كما أنها مسئولة أيضا عن تراكم مادة الكالوز Cal-lose في الثقوب وعلى سطح الصفيحة الغربالية. والكالوز مادة كربوهيدراتية معقدة التركيب تتكون في سيتوبلازم الوحدة الغربالية وتمثل احدى مكوناتها. ويصبغ الكالوز باللون الأزرق باستخدام الأنيلين الأزرق.

وتحتوى الوحدة الغربالية في كثير من النباتات على بلاستيدات صغيرة تقوم بتكوين نوع خاص من النشا حبوبه قرصية الشكل. ويوجد بالبلاستيدة حبيبة نشا أو أكثر، غير أنها تعطى لونا أحمر مع اليود. وربما تكون هذه البلاستيدات قد فقدت تراكيبها الداخلية.

ومن الصفات الهامة أيضا لوحدة الأنبوبة الغربالية، أن الخيوط السيتوبلازمية الموصلة في مناطق الثقوب، في المساحات الغربالية، تحاط بطبقة رقيقة من مادة الكالوز Callose على هيئة اسطوانة تبطن الجدار في منطقة الثقب مما يميزها عن خيوط البلازموديزماتا (شكل ٧١). ولقد استخدم مصطلح Callose في عام ١٨٩٠ وبتقدم عمر الوحدة الغربالية يزداد سمك طبقة الكالوز في المساحة الغربالية، حيث يترسب فيما بين الخيوط الموصلة على سطح المساحة الغربالية وفي الثقوب. ويختلف مقدار الكالوز



(شكل ٧١): يوضح تكشف ونضج جزء من الصفيحة الغربالية

(١) مرحلة مبكرة توضح ظهور صفائح الكالوز يتوسطها خيوط بلازمية.

(٢) الثقوب تبطنها أسطوانة رقيقة من الكالوز.

(٣) تزايد اسطوانة الكالوز في السمك وتراكم الكالوز على سطح الصفيحة الغربالية بين الثقوب.

(٤) صفيحة غربالية يتضح فيها الكالوز القاطع، والثقب أصبح ضيقا جدا.

تبعا لمدى نشاط وحدة الأنبوبة الغربالية، فهو في صورة طبقة رقيقة حول الثقب لاتتجاوز ١٠٪ من قطره خلال موسم نشاطها، وبتقدم هذه الوحدة في العمر، يزداد تراكم الكالوز تدريجيا ويأخذ في الضغط على الخيوط الموصلة حتى تتحطم. وتبعا لذلك، تتوقف وحدة الأنبوبة الغربالية عن القيام بوظيفتها.

ويستمر تراكم الكالوز على سطح المساحة الغربالية فتصبح مغطاة بطبقة سميكة منه. وإذا وجدت عدة مساحات غربالية متجاورة، التحمت كتل الكالوز معا وتعرف عند هذه المرحلة باسم الكالوز القاطع Definitive Callose (شكل ٧١). وعندما يختل تركيب بروتوبلاست الوحدة الغربالية غير النشطة، تختفى الخيوط الموصلة، وينفصل الكالوز القاطع ويختفى، وبذلك تصبح الصفيحة الغربالية جدارا سليلوزيا به عديد من الثقوب المفتوحة، في هيئة غربال، في الوحدة الغربالية التي توقفت عن العمل.

وعادة تقوم وحدات الأنابيب الغربالية بوظيفتها في نفس الموسم الذي تتكشف فيه، ثم تتوقف بعد ذلك عن العمل، كما تتحطم الأنابيب الغربالية المتكونة في موسم سابق

وتتلاشى تجاويفها. وأحيانا، يتجدد نشاط الأنبوبة الغربالية من موسم الى آخر في اللحاء الثانوى كما في العنب Vitis (شكل ٧٢)، والزيزفون Tilia. وفي هذه الحالة الأخيرة لايموت البروتوبلاست، وتغلق الثقوب بالكالوز في فصل الشتاء، ثم تعاود انفتاحها باختفاء الكالوز القاطع في الربيع، وتتكون الخيوط السيتوبلازمية الموصلة، وبذلك تتصل بروتوبلازمات وحدات الأنبوبة الغربالية بعضها ببعض من جديد. وتشترك الأنزيمات الموجودة في الغشاء البلازمى في عملية بناء واذابة الكالوز. فقد وجد أن الكالوز يوجد حول الثقب في صورة طبقية رقيقة لا تتجاوز ١٠٪ من قطره خلال موسم النمو والنشاط، وبتقدم هذه الوحدة في العمر يزداد تراكم الكالوز تدريجيا ويأخذ في الضغط على الخيوط الموصلة حتى تتحطم، وتبعا لذلك تتوقف وحدة الانبوبة الغربالية عن القيام بوظيفتها.

وحينما يكون اللحاء نشطا، فان أى جرح يحدث فيه، يؤدى الى ترسيب الكالوز حول الثقوب بسرعة، خلال ثوان، وبذلك تتهيأ الفرصة لكى يلتئم الجرح، ويقلل من فقد المواد الغذائية.

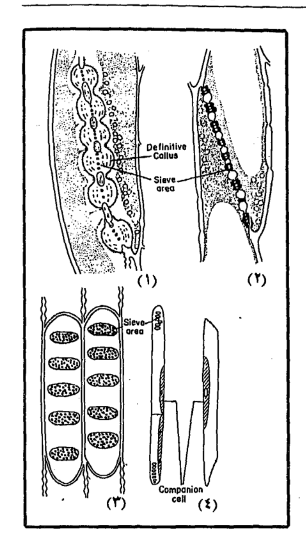
والأنابيب الغربالية التي فقدت بروتوبلاستها تكون قد توقفت عن القيام بوظائفها، ولا تستطيع جدرها أن تقاوم الضغوط الناتجة عن نمو الأنسجة المحيطة، الأمر الذي يؤدى الى تحطمها مع خلاياها المرافقة، وأخيرا تمتص وتختفى اختفاءا تماما. وتعرف هذه الظاهرة بالاندثار Obliteration.

٢ - الخلايا المرافقة Companion Cells

وهي خلايا بارنكيمية متخصصة، توجد في لحاء النباتات الزهرية، مغطاة البذور، فقط، تكون مرافقة لوحدات الأنبوبة الغربالية، وهى وثيقة الصلة من حيث نشأتها ووظيفتها بوحدة الأنبوبة الغربالية المرتبطة بها.

وتنشأ الخلية المرافقة من نفس الخلية الأم التي تنشأ منها وحدة الأنبوبة الغربالية الملاصقة لها، وذلك بانقسام الخلية الأم طوليا الى خليتين غير متماثلتين في الحجم. تتكشف الصغرى الى خلية مرافقة بينما الكبرى تصبح وحدة غربالية. وقد تنقسم الخلية المرافقة عرضيا الى خليتين فتصبح الوحدة الغربالية ذات خليتين مرافقتين مرتبتان رأسيا. وقد يتكرر الانقسام فيتكون صف من عدة خلايا مرافقة مجاورا لوحدة غربالية واحدة.

ويختلف عدد الخلايا المرافقة لوحدة الانبوبة الغربالية في النباتات المختلفة. وعادة، توجد خلية مرافقة واحدة مرتبطة بوحدة الأنبوبة الغربالية في اللحاء الابتدائى للنباتات



(شكل ٧٢): يوضح وحدات الأنبوبة الغربالية في العنب. ١ و ٢ قطاعات طولية في الصفيحة الغربالية المركبة بين وحدتين غرباليتين.

(١) وحدة في مرحلة سكون الصفيحة تكسوها طبقة سميكة من الكالوز.

(٢) الوحدات أصبحت نشطة بعد ازالة الكاللوز.

(٣) منظر سطحى لاثنين من الصفائح الغربالية المركبة.

(٤) وحدات الأنبوبة الغربالية ذات خلايا مرافقة.

العشبية، غير أنه كثيرا توجد أكثر من خلية مرافقة في اللحاء الثانوى مرتبطة بوحدة الأنبوبة الغربالية. ونادرا، لاتوجد خلية مرافقة مرتبطة بوحدة الأنبوبة الغربالية.

وقد يختلف عدد الخلايا المرافقة في النبات الواحد، ولحاء النباتات العشبية وكثير من الأنواع الخشبية قد يوجد به عديد من الخلايا المرافقة. وتختلف الخلايا المرافقة أيضا في الحجم، قد يصل طولها الى طول وحدة الأنبوبة الغربالية المرتبطة بها، أو تكون أقصر منها. وغالبا، تبدو الخلية المرافقة ممتدة بين نهايتى عنصر الأنبوبة الغربالية.

وتتوزع الخلايا المرافقة اما على الجوانب المختلفة للأنبوبة الغربالية أو تترتب في صف واحد على أحد جوانبها. وربما، لاتوجد خلايا مرافقة في اللحاء الأول بالنباتات الزهرية. وتوجد الخلايا المرافقة بكثرة في لحاء النباتات ذات الفلقة الواحدة.

وتحتوى الخلية المرافقة على سيتوبلازم محبب كثيف به نواة كبيرة متطاولة نوعا، وشبكة

اندوبلازمية، وعديد من الميتوكوندريات والديكتيوسومات، وقد تحتوى على بلاستيدات غير ملونة الا أنها لاتختزن نشا. كما تحتوى الخلية أيضا على ريبوسومات عديدة مما يدل على نشاطها في بناء البروتينات. وتظهر الخلية المرافقة في القطاعات العرضية، مستديرة أو عديدة الأضلاع، مثلثة أو مربعة. ولقد ظهر حديثا أن جدر الخلية المرافقة قد تمتد منها أضلاع قصيرة أو بروزات الى داخل تجويف الخلية ينتج عنها زيادة في سطح الغشاء البلازمى.

والجدر الفاصلة بين الخلية المرافقة ووحدة الأنبوبة الغربالية المرتبطة بها تكون رقيقة جدا أو تكثر بها الرقعات النقرية الابتدائية. تحتوى هذه الجدر على العديد من الروابط البلازمية والتي تكون كثيرا متفرعة في جانب الخلية المرافقة. وقد توجد مساحات غربالية في جدار وحدة الأنبوبة الغربالية، غير أنها تبدو رقيقة عن الموجودة في الصفائح الغربالية. وقد تترسب مادة الكالوز على الرقعات النقرية في جدر الوحدات الغربالية المسنة.

وترتبط الخلية المرافقة بالوحدة الغربالية المرافقة لها ارتباطا وثيقا، ليس من ناحية المنشأ فقط، وانما يوجد ارتباط وظيفى وثيق بينهما. وتظهر صورة هذا الارتباط بموت الخلية المرافقة عندما يختل نظام بروتوبلاست الوحدة الغربالية عند نهاية نشاطه وتنسحق معه، بينما تظل بارنيكما اللحاء المجاورة حية. وتلعب الخلية المرافقة دورا أساسيا في المحافظة على نشاط وحدة الأنبوبة الغربالية المجاورة لها والتي تصبح خالية من النواة والريبوسومات عند النضج، وبذلك لاتقوم ببناء البروتينات. وتبقى نواتها حية طوال فترة حياة هذه الوحدة. بالاضافة الى ماتقدم، فقد لوحظ حدوث تحجر في الخلايا المرافقة للحاء المسن في الزيزفون Tilia كما أن طبيعة الثقوب بينهما ترجح امكانية انتقال المواد فيما بينهما.

٣ ـ بارنكيما اللحاء Phloem Parenchyma

يحتوى نسيج اللحاء في النباتات الزهرية على خلايا بارنكيمية، بخلاف الخلايا المرافقة تسمى بارنكيما اللحاء. ومع هذا، لاتوجد بارنكيما اللحاء في الحزم الوعائية لكثير من النباتات ذوات الفلقة الواحدة.

وتقوم بارنكيما اللحاء باختزان مواد مختلفة مثل حبيبات النشا والدهون والدباغ والراتنجات، والمواد المخاطية والحليب النباتي والبلورات وغيرها. ومعظم بارنكيما اللحاء تمتلىء بالنشا أو الزيت خلال فترات السكون.

وبارنكيما اللحاء متنوعة في شكلها، فهى تتراوح بين المتطاولة ذات الأطراف المستدقة

الى القصيرة الأسطوانية الواسعة، وعديدة الأضلاع. وقد تنقسم الخلايا المتطاولة، وهى صغيرة، عرضيا فيتكون من الخلية صف من خلايا صغيرة يحتوى كل منها على بلورة واحدة من أكسالات الكالسيوم. وجدر بارنكيما اللحاء ابتدائية رقيقة تحتوى على رقعات نقرية ابتدائية. وقد تصبح هذه الجدر سميكة وملجننة اذا توقف اللحاء عن نشاطه. وتوجد رقعات نقرية في الجدر الواقعة بين بارنكيما اللحاء والخلايا المرافقة. وفي الجدر بين بارنكيما اللحاء ووحدات الأنبوبة الغربالية، توجد الرقعات النقرية على جانب الخلية البارنكيمية، يقابلها مساحات غربالية في جدار وحدة الأنبوبة الغربالية.

وفي كثير من عائلات النباتات ذوات الفلقتين، قد تنشأ خلايا بارنكيما اللحاء من نفس البداءة الخلوية التي تنشأ منها وحدة الأنبوبة الغربالية. مثل هذه الخلايا البارنكيمية قد تموت في نفس الوقت الذي يتوقف فيه نشاط وحدة الأنبوبة الغربالية المرتبطة بها.

وبارنكيما اللحاء الابتدائى مستطيلة محورها الطويل مواز للامتداد الطولى للنسيج الوعائى. إما في اللحاء الثانوى فان الخلايا البارنكيمية تصنف إلى مجموعتين؛ والبارنكيما المحورية Axial Parenchyma والبارنكيما الشعاعية Ray Parenchyma. البارنكيما المحورية توجد في صورة أشرطة أو خلايا مفردة، وتعرف باسم بارنكيما اللحاء. بينما البارنكيما الشعاعية تمتد في هيئة صفوف شعاعية أو قطرية يطلق عليها اشعة اللحاء Phloem Rays وهى تشبه اشعة الخشب في نفس النبات فقد تكون وحيدة الصف أو عديدة الصفوف. وقد تضم أشعة اللحاء اسكلريدات ذات بللورات.

(٤) ألياف اللحاء Phloem Fibers

في كثير من النباتات مغطاة البذور، تكون الألياف واضحة في كل من اللحائين الابتدائى والثانوى. في اللحاء الابتدائى، توجد الألياف في الجزء الخارجى من هذا النسيج وقد تصبح هذه الألياف طويلة نتيجة للنمو الجماعى Symplastic Growth والنمو التوغلى الطرفى Apical Intrusive Growth. وألياف اللحاء الثانوى قد تكون غير مجزأة، أو مجزأة، كما قد تكون حية عند النضج وتقوم بتخزين النشا كما في الالياف المجزأة للعنب، أو غير حية. وفي سيقان كثير من أنواع النباتات، تكون الالياف عبارة عن شرائط من خلايا طويلة ذات جدر سميكة خارج اللحاء الابتدائى يستفاد منها اقتصاديا، حيث تمثل المصدر الرئيسى للألياف النباتية التجارية مثل الياف الكتان Linum. وتنشأ الياف اللحاء الثانوى من خلايا الكامبيوم الوعائى المغزلية، وهى أقصر طولا من ألياف اللحاء الابتدائى. قد تستطيل هذه الألياف بالنمو التوغلى الطرفى الا أنها عادة تبقى أقصر طولا من ألياف اللحاء الابتدائى لنفس النبات.

وجـدر الألياف سليلوزية سميكة، تكون كثيرا ملجننة واحيانا غير ملجننة، والنقر تكـون بسيطة في جدر ألياف اللحاء وفتحاتها مستديرة أو على هيئة شق. وكثيرا توجد اسكلريدات في اللحـاء، جنبا الى جنب مع الألياف او مستقلة وحدها. تتكشف الاسكلريدات في المناطق المسنة من اللحاء نتيجة لتصلب بعض الخلايا البارنكمية حيث تصبح جدرها سميكة ثانوية، وكثيرا تكون ملجننة، كما في اللحاء الثانوى للبلوط.

اللحاء الابتدائى Primary Phloem

ينشأ اللحاء الإبتدائى في جنين البذرة، مثل الخشب الإبتدائى، من الكامبيوم الأول Procambium ويتميز الى لحاء أول Protophloem ولحاء تالى Metaphloem. يستمر تكوين اللحاء خلال مرحلة تطور الجسم الابتدائى للنبات، ويتوقف تكشفة عند استكمال بناء الجسم الابتدائى، كما هو الحال في نسيج الخشب الابتدائى، ويتعذر وضع حدود فاصلة دقيقة بين اللحاء الأول واللحاء التالى. ويمثل اللحاء الأول نقطة البداية في تكشف اللحاء الابتدائى بجسم النبات الابتدائى، وينشأ في مرحلة مبكرة أثناء نمو عضو النبات في الطول، مما يؤدى الى تحطمه وتوقفه عن القيام بوظيفته بعد فترة قصيرة من تكوينه. أما اللحاء التالى، فانه ينضج بعد نهاية مرحلة النمو في الطول لعضو النبات في النباتات التي لايحدث فيها نمو ثانوى يكون اللحاء التالى هو الجزء الرئيسى من اللحاء الابتدائى حيث يبقى نشطا طوال فترة حياة النبات في أعضاء جسمه الابتدائى. ومثل هذه اللحاء يوجد في معظم ذوات الفلقة الواحدة وبعض ذوات الفلقتين.

ويتركب اللحاء الأول من أنابيب غربالية ضيقة القطر وخلايا بارنكيمية. والخلايا المرافقة غير موجودة أو نادرة. وتظهر الأنابيب الغربالية في مجموعات أو تكون مبعثرة بين خلايا بارنكيمية. وتوجد ألياف على الحدود الخارجية لحزم اللحاء في عديد من سيقان ذوات الفلقتين مثل الكتان Linum. وتقوم الأنابيب الغربالية بوظيفتها في نقل الغذاء لبضعة أيام تمتط خلالها بسرعة وتتحطم أمام ضغط استطالة الخلايا المجاورة، ونظرا لعدم احتواء عناصرها على أنوية وعدم قدرتها على مسايرة النمو في الخلايا المجاورة لعجزها عن الاستطالة السريعة، وفي النهاية تمتص وتندثر ومعها خلاياها المرافقة. في كثير من النباتات الزهرية تمثل الألياف جزءا هاما في اللحاء الأول، حيث تكون متجمعة في كتل أو مختلطة مع الخلايا البارنكيمية في كثير من ذوات الفلقتين، والخلايا المتبقية في اللحاء الأول، بعد اندثار الأنابيب الغربالية، تتكشف الى ألياف.

واللحاء التالى نسيج معقد يحتوى على أنابيب غربالية وخلايا مرافقة وخلايا بارنكيمية، وأخرى اسكلرنكيمية في صورة ألياف أو أحيانا اسكلريدات. في ذوات الفلقتين يتركب اللحاء التالي من أنابيب غربالية وخلايا مرافقة وبارنكيما لحاء. وعادة يفتقر اللحاء التالي في ذوات الفلقتين الى الألياف والتي توجد في اللحاء الأول. وفي ذوات الفلقة الواحدة، توجد الأنابيب الغربالية، والخلايا المرافقة، بينما تغيب الخلايا البارنكيمية. ويتحطم اللحاء التالى ويمتص أمام ضغط اللحاء الثانوى في النباتات التي يحدث فيها نمو ثانوى. والأنابيب الغربالية في اللحاء التالى تكون أكثر اتساعا منها في اللحاء الأول. وينضج اللحاء التالى بعد استكمال الأنسجة المحيطة لنموها في الطول. ويبقى اللحاء التالى فترة أطول من اللحاء الأول كنسيج ناقل. في النباتات التي لايحدث فيها نمو ثانوى، يظل اللحاء التالى فعالا في نقل الغذاء. وفي الأنواع الخشبية والعشبية ذات النمو الثانوى، يصبح اللحاء التالى غير فعال بعد تكشف اللحاء الثانوى.

وفي ذوات الفلقة الواحدة، يمكن التمييز بين اللحاء الأول والتالى في الأعضاء الهوائية لعدم وجود الخلايا المرافقة في الأول ووجودها في اللحاء التالى. أما في ذوات الفلقتين فيتعذر هذا التمييز لتداخلهما تدريجيا؛ اللحاء الداخلى Internal or Intraxyl-ary Phloem بالاضافة الى اللحاء الابتدائى الخارجى External Phloem العادى الذي يوجد خارج الخشب الابتدائى، يوجد في سيقان عدد كبير من ذوات الفلقتين مغطاة البذور مثل القرعية Cucurbitaceae والباذنجانية Solanaceae والعلاقية Convol-vulaceae والمركبة Asteraceae. ويوجد هذا اللحاء الى الداخل من الخشب الابتدائى، وهو قليل في مقداره، ويعتبر جزءا من اللحاء الابتدائى، ويشبه اللحاء الخارجى في تركيبه.

واللحاء الداخلى يمثل صفة تشريحية هامة في مغطاة البذور عند البحث عن أسلافها Ancestors التي تطورت عنها.

وأحيانا، توجد أشرطة من اللحاء الثانوى مطمورة في الخشب الثانوى لبعض ذوات الفلقتين، تسمى Forminate or Interaxylary Phloem.

وتوجد طريقتان لتكوين هذا اللحاء الثانوى المطمور في الخشب، الأولى تتضمن أن بعض أشرطة من اسطوانة الكامبيوم Cambium Cylinder يتكشف عن مشتقاتها، الى الداخل، خلايا نسيج اللحاء لفترة من الوقت تعود بعدها الى نشاطها العادى في تكوين الخشب الثانوى. والطريقة الثانية تتضمن تكوين أشرطة اللحاء نتيجة لنشاط المشتقات الخلوية لبدايات الكامبيوم، غير أن هذه البدايات لاتلبث أن يتوقف نشاطها، وتنشأ أجزاء أخرى من الكامبيوم خارج أشرطة اللحاء تقوم مشتقات بداياتها بتكوين خشب،

وبذلك تصبح أشرطة اللحاء محصورة بين مكونات الخشب الثانوى.

وظيفــة اللحــــاء

الـوظيفة الأساسية لنسيج اللحاء تتركز في نقل الغذاء من مناطق تجهيزه الى مناطق أخـرى، حيث يستهلك فيها الغذاء أو يخزن. وأكثر مكونات اللحاء تخصصا في نقل الغذاء هى الأنابيب الغربالية. أما الألياف والاسكلريدات فتقوم، الى حد ما، بتدعيم الأعضـاء وحمـاية الأنسجة الطرية. وكثير من الخلايا البارنكيمية تقوم بتخزين النشا، وغيرها تخزن بلورات ومواد أخرى متنوعة.

الفصل الثاني عشر

البشـــرة THE EPIDERMIS

- بقاء البشرة
- منشأ البشرة
- محتويات خلايا البشرة
- الأدمة
- تركيب البشرة في العائلة النجيلية
- البشرة المتضاعفة
- الثغور
- تركيب الخلية الحارسة
- ميكانيكية حركة الخلايا الحارسة
- منشأة الثغور
- تصنيف الثغور
- زوائد البشرة
- الشعور
- البريدرم
- منشأ البريدرم
- تركيب البريدرم
- وظيفة البريدرم
- الرايتيدوم
- نبات بلوط الفلين
- الطبقات الواقية في ذوات الفلقة الواحدة
- العديسات
- منشأ العديسات
- بقاء العديسات

الفصل الثانى عشر

البشـــــرة

THE EPIDERMIS

البشرة، هى طبقة الخلايا السطحية الواقية لكل أعضاء الجسم الابتدائى للنبات من جذور وسيقان وأوراق وأزهار وثمار وبذور. وتعتبر البشرة غائبة على قلنسوة الجذر وغير متكشفة على المرستيمات القمية في السيقان والبراعم.

والبشرة معـرضـة للبيئة التي يعيش فيها النبات، ولهذا تحدث فيها تحورات تركيبية معينة لتتوافق مع عوامل هذه البيئة.

وتقوم البشرة في أعضاء النبات بوظائف متنوعة منها:

١ ـ حماية الأنسجة الداخلية لأعضاء النبات من فقد الماء ومن الأضرار الميكانيكية، وتساعد على تقوية هذه الأنسجة بترتيبها المحكم ووجود طبقة الأدمة القوية.

٢ ـ تنظيم عملية النتح، وتقوم بتبادل الغازات من خلايا الثغور Stomata. في عملية التنفس والبناء الضوئى، وقد تتم فيها عملية البناء الضوئى كما في نبات الألوديا Elodia.

٣ ـ بعض خلايا البشرة تتحور في تركيبها وتقوم بوظيفة افرازية كما في أوراق النباتات آكلة الحشرات حيث تفـرز مواد لزجة أو عصارات هاضمة، هذا بالاضافة الى الشعور الغدية والغدد الرحيقية.

٤ ـ في بعض النبـاتـات تتكون طبقة من الشمع على سطوح أوراقها فتغطى البشرة فيها. ففي نبات نخيل الشمع البرازيلى Copernicia cerifera. يوجد الشمع على سطوح الأوراق الـصغـيرة في صورة طبقـة قد يصـل سمكهـا الى حوالى ٥ ملليمترات. وقد يقوم بافراز الشمع شعور غدية من البشرة في ثمار شجرة Myrica وكل من هذين النوعين من الشمع ذات قيمة اقتصادية.

٥ ـ قد تقـوم بعض خلايـا البشرة بتخزين المـاء كما في نبات حشيشـة الثلـج

Mesembryanthemum crystallinum وتسمى هــذه الخلايا المثانات المائية Water Vesicles.

٦ ــ تتكون شعور كثيفة على بشرة أوراق بعض النباتات الصحراوية تمنع فقد الماء من أنسجتها الداخلية وبالتالي من أعضاء النبات الأخرى.

٧ ــ في بعض النباتات، يتكون الكامبيوم الفلينى في نسيج البشرة والذي يقوم بتكوين نسيج الفلين الواقى لأنسجة النبات كما في نبات الدفلة Nerium والبلوط Quercus.

٨ ــ في الجذور الحديثة، تقوم خلايا البشرة بامتصاص الماء والمواد الذائبة نظرا لجدرها الرقيقة، هذا بالاضافة الى الشعيرات الجذرية.

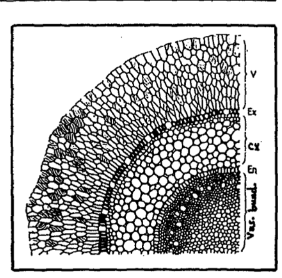
والبشرة في معظم النباتات مغطاة البذور تتركب من صف واحد من الخلايا فتسمى بشرة وحيدة الصف Uniseriate Epidermis. وفي أوراق عدد من النباتات لاسيما التي تنتمى الى العائلة التوتية Moraceae والفلفلية Piperaceae تتركب البشرة من بضعة صفوف من الخلايا فتسمى بشرة متضاعفة Multiple Epidermis أو بشرة عديدة الصفوف Multiseriate Epidermis. البشرة المتضاعفة في أوراق هذه النباتات تتخصص في تخزين حويصلات حجرية Crystolith من كربونات الكالسيوم (شكل ٤٨).

والحجاب الجذرى Velamen تركيب غطائى يوجد في بعض النباتات الاستوائية العالقة من العائلة الأوركيدية Orchidaceae وهو عبارة عن بشرة متضاعفة (شكل ٧٣) يتركب من بضعة صفوف من خلايا ميتة مهيأة لامتصاص الرطوبة من الهواء وحماية القشرة من فقد الماء.

والبشرة في الجذر تختلف عن نظيرتها في الساق في التركيب والوظيفة والمنشأ، ولهذا فان البعض يرى أنها تنتمى الى فئة خاصة بها، وتعطي اسما مستقلا هو Rhizodermis أو Epiblem.

بقاء البشـــرة

تعتبر البشرة نسيجا ابتدائيا دائما. وتبقى البشرة في أعضاء النبات، مثل الأوراق والأزهار ومعظم الثمار، طالما بقى النبات حيا. في جذور وسيقان النباتات التي لايحدث فيها نمو ثانوى أو التي يكون فيها هذا النمو ضئيلا، تبقى البشرة طوال حياتها. أما في الجذور والسوق التي يحدث فيها نمو ثانوى، كما في ذوات الفلقتين وذوات الفلقة الشجرية Arborescent Monocotyledons فان عمر البشرة يكون مختلفا وعموما تبقى البشرة حتى يحل البريدرم Periderm مكانها.



(شـكـــل ٧٣): قطاع عرضى في جذر هوائى لنبـات الأوركيد يوضح الحجاب الجـذرى والاكسـودرمس والاندودرمس والخلايا الممررة

وفي أنواع كثيرة من النباتات مثل الاسفندان Acer campestre والكافور Eucalyptus والسنط Acacia يتأخر تكوين البريدرم لعدة سنوات ويرجع ذلك الى أن خلايا البشرة والقشرة تظل محتفظة بقدرتها على الانقسام، وتنقسم قطريا وتتسع مماسيا الخلايا الناتجة عن الانقسام وبذلك يزداد محيط كل منها فيتمكنان من مواجهة الزيادة في قطر الساق نتيجة للنمو الثانوى. وفي نبات الاسفندان Acer تظل الساق محتفظة بالبشرة الأصلية حتى عمـر ٢٠ سنـة. في هذه الفـترة يصبـح قطر الساق عدة أمثال ما كان عليه عند استكمال نموه الابتدائى، حوالى ٢٠ سنتيمترا.

عادة ينشأ البريدرم في السنة الأولى لنمو الجذور والسيقان الخشبية وبتكوين البريدرم يتوقف امداد البشرة بالغذاء والماء فتموت خلاياها ثم تنسلخ وتسقط

منشـــأ البشـــرة

تنشأ البشرة، في السيقان والأوراق والأجزاء الزهرية، طبقا لنظرية الغلاف والبدن، من الـطبقـة السـطحية للغـلاف Tunica نتيجة للانقسامات العمودية في خلاياه. في النباتات التي لايتميز فيها غلاف وبدن في المرستيم القمى، كما في بعض مغطاة البذور، لايوجد للبشرة بدايات منفصلة ولهذا تنشأ من ناتج نشاط المشتقات الجانبية للبدايات القمية. هذه المشتقات تنقسم بمستوى عمودى على السطح وموازى له. وتبعا لذلك تتكـون البشرة ومـا تحتها من طبقات القشرة، وتصبح مميزة علـى أبعـاد مختلفـة مـن المرستيم القمـى.

في معظم الجذور ذات الفلقتين، تنشأ البشرة مع القلنسوة من مرستيم واحد يدعى منشىء البشرة والقلنســوة Dermatocalyptrogen. وفي ذوات الفلقـة الـواحـدة، تنشأ

البشرة من الطبقة الخارجية للمرستيم منشىء القشرة Peribem. وفي حالات قليلة جدا توجد أربعة مناطق منشئة للأنسجة الابتدائية في الجذور، ولهذا تنشأ البشرة مستقلة من منشيء البشرة Dermatogen. يتضح من ذلك أن البشرة في الجذر، تكون مرتبطة، من حيث المنشأ، بالقلنسوة أو القشرة، ونادرا مايكون لها منشيء مستقل في قمة الجذر.

تركـيب البشـــرة

نظرا لتعدد وظائف البشرة، فانها تتألف من عدة طرز من الخلايا. الجسم الأساسى لنسيج البشرة يتركب من الخلايا العادية التي تعتبر أقل خلاياها تخصصا. تتوزيع بين هذه الخلايا أنواع أخرى من خلايا متخصصة مثل الخلايا الحارسة للثغور والمساعدة، والخلايا المحركة في أوراق النباتات النجيلية، والخلايا الافرازية، وخلايا الحويصـلات الحجـرية.

هذا بالاضافة الى خلايا الفلين Cork Cells والسليكا Silica Cells في سيقان العائلة النجيلية Poaceae.

وتوصف خلايا البشرة العادية بأنها منبسطة الشكل، جدرها القطرية تكون أقصر من المماسية. وأحيانا، تأخذ خلايا البشرة شكل الخلايا العمادية فتكون الجدر القطرية أكثر طولا من المماسية كما في الاسكلريدات العمادية Macrosclereids التي تتكون منها بشرة أغلفة بعض البذور مثل القطن Gossypium وفول الصويا Glycine max والفاصوليا Phaseolus vulgaris.

وتـظهر خلايا البشرة في المنظر السطحى متساوية الاقطار تقريبا أو متطاولة. توجد الخلايا المتطاولة على السيقان وأعناق الأوراق والعروق الوسطية، وأوراق معظم النباتات ذوات الفلقة الواحدة. وقد تتباين خلايا البشرة على سطحى الأوراق في الشكل والحجم وسمك طبقة الكيوتين.

في كثـير من الأوراق وبتـلات الأزهار تكون جدر خلايا البشرة العادية متموجة في المنظر السطحى، وكثيرا يكون هذا التموج في خلايا السطح السفلى للورقة فقط أو أكثر وضـوحا على السطح السفلى منه على العلوى وتبدو الخلايا كأنها مفصصة متداخلة في بعضها مما يؤدى الى زيادة تماسكها. والجدار الخارجى للخلايا يكون مستويا أو محدبا.

قد تنحرف بعض خلايا البشرة انحرافا كبيرا عن الشكل العام لها. وفي بعض نباتات العائلة النجيلية وذوات الفلقتين تحتوى البشرة على خلايا شبه ليفية قد يصل طولها في العائلة النجيلية Poaceae الى أكثر من ٣٠٠ ميكرون. بعض نباتات العائلة الصليبية Brassicaceae تحتوى البشرة فيها على خلايا شبه كيسية افرازية تسمى خلايا الميروسين

Myrocin Cells. وفي العائلة القرعية Cucurbitaceae والتوتية Moraceae تحتوى البشرة على خلايا حويصلية Lithocysts تحتـوى بداخلها على حويصلات حجرية . وأحيانا، تتركب البشرة كلهـا من خلايا متخصصة كما في بعض الحراشيف التي تتألف فيها من طبقة من اسكلريدات Sclereids.

وتترتب خلايا البشرة في أحكام ، فلا توجد بينها مسافات بينية الا في مواضع الخلايا الحارسة للثغور.

وتوجد مسافات بينية في بشرة بتلات الأزهار غير أنها تبدو مغلقة من الخـارج بطبقـة مـن الكيوتــين.

محتويات خلايا البشرة

خلايا البشرة العادية حية ذات بروتوبلاست نشط تتوسطه ، فجوة عصارية كبيرة . يوجـد السيتوبلازم في صورة طبقة رقيقة تبطن جدار الخلية وتحيط بالفجوة العصارية . وتحتـوى الخـلايا على بلاستيدات غير ملونة . وتوجد البلاستيدات الخضراء في الخلايا الحـارسـة للثغـور، ومع هذا، تحتوى خلايا البشرة في بعض النباتات المائية وكثير من نباتات الظل البذرية على عدد قليل من البلاستيدات الخضراء .

وتخزن خلايا البشرة بداخلها مواد متنوعة مثل صبغات الأنثوسيانين في بتلات كثير من الأزهار وأوراق بعض نباتات مثل الكوليس Coleus وأعناق أوراق نبات الخروع Ricinus communis والكـركـدية Hibiscus sabdariffa. وكثـيرا يوجـد الدباغ والزيوت والمـواد المخـاطية في خلايا البشرة ، وأحيانـا تحتـوى على بلورات متنـوعـة في الشكـل والتراكيب مثل الحويصلات الحجرية والسليكا .

ويتميز بروتـوبـلاست خلايا البشرة بأنـه نشط يحتفظ بنشاطه في الانقسام الخلوى والنمو في فترات طويلة مما يجعل الخلية قادرة على استئناف نشاطها المرستيمى فتتحول الى كامبيوم فلينى كما في سيقان الدفلة Nerium والورد Rosa وغيرهما كما تنقسم قطريا وتتسع مماسيا لتواجه الزيادة في قطر الساق نتيجة للنمو الثانوى كما في الاسفندان Acer.

تركيب جدار الخليـــة

يختلف سمك جدار خلايا البشرة في الأعضاء الهوائية للجسم الابتدائى للنبات تبعا لنوع النبات والعضو، وكذلك الظروف البيئية ، هذا بالاضافة الى أن جدر الخلية كثيرا تكون غالبا غير متماثلة في السمك .

وعادة تكون الجدر الخارجية أكثر سمكا من القطرية والداخلية ، وقد يكون التغليظ زائـدا لدرجـة ينـطمس فيها تقريبا تجويف الخلية . والجدار المماسى الداخلى في الخلية

يكون أقل جدرها في السمك.

وتتميز خلايا البشرة في أغلفـة البـذور البقـولية، وأخـرى غيرهـا، بأنها عبارة عن اسكلريدات عـادية Macrosclereids جدرهـا ثانـوية سميكـة ملجننـة، غير منتـظمة السمـك. والبشرة في الأوراق الحرشفية للبصل والثوم عبارة عن اسكلريدات متصلبة (شكل ٦٥).

وتحتوى الجدر القطرية والماسية الداخلية لخلايا البشرة على رقعات نقرية ابتدائية، غالبا تمتد خلالها روابط بلازمية. قد توجد هذه الرقعات أيضا في الجدر الخارجية ويطلق على الروابط البلازمية فيها اسم الروابط الخارجية Ectodesmata. يرجح أن هذه الأخيرة تمثل الممر لانتقال الكيوتين والشمع الى سطوح الخلية.

واللجنين من المواد التي يقل وجودها في جدر خلايا بشرة مغطاة البذور، ومع هذا فانه يوجد في جدر خلايا البشرة في بعض ذوات الفلقتين مثل الكافور Eucalyptus والبلوط Quercus. ، وفي أوراق قليل من ذوات الفلقة الواحدة مثل نباتات العائلة السعدية Cyperaceae والسـمارية Juncaceae والنجيلية Poaceae. كما تترسب السليكـا في جدر خلايا البشرة في العائلة النجيلية والسمارية وكثير من أنواع النخيل. وفي بعض النباتات، قد تصبح جدر خلايا البشرة مخاطية لاسيما في حالة قصرة البذور.

الأدمـــة CUTICLE

باستثناء الجذور والأجزاء المغمورة في الماء لبعض النباتات المائية، تتميز خلايا البشرة في الأعضاء الهوائية بأن سطوحها الخارجية تكون مغطاة بطبقة من مادة الكيوتين Cutin تسمى الأدمـة Cuticle (شكل ٥٠)، فيما عدا فتحات الثغور والعديسات Lenticels. وتغطى الأدمة كل أجزاء النبات فيما عدا المرستيمات القمية بالاضافة الى الجزء الطرفي من الجذر والساق، كما تغطى الأجزاء الزهرية والغدد الرحيقية وزوائد البشرة. يوجد الكيوتين أيضا في صورة طبقة رقيقة على جدر الغرف الهوائية للثغور أو السطوح السائبة لخلايا النسيج المتوسط والجدر الداخلية لخلايا بشرة الورقة التي تكون مواجهة للفراغات الهوائية. هذه الطبقة من الكيوتين تتصل بالأدمة من خلال فتحات الثغور والتي تكون السـطوح السـائبة للخلايا الحارسة مغطاة أيضا بالكيوتين. حينما تنضج الأدمة تصبح جامدة وتقاوم الشد والتمزق وتساعد في تدعيم البشرة. ويختلف سمك طبقة الأدمة تبعا لبيئـة النبات. فتكون الأدمة رقيقة جدا في نباتات الظل، ومعدومة أو رقيقة في نباتات البيئـة المـائية، وسميكـة في النباتات الصحراوية. وتوجد أدمة على غلاف الثمرة مثل البرقوق Prunus والطماطم Lycopersicon وبعض أصناف التفاح Malus وغيرها. والثمار

التي تنمو في ضوء الشمس ذات ادمة أكثر سمكا من أدمة الثمار التي تنمو في الظل.

وسطح الأدمة يكون عادة أملس، غير أنه أحيانا يتشقق وقد تتمزق أجزاء منه فيصبح خشن الملمس كما في ساق الاسفندان Acer. ويؤدى تمزق أجزاء من الأدمة الى تعويضها بمادة كيوتين جديدة من خلايا البشرة Cutinization. وقد يمتد التكوين الى الجدر القطرية والمماسية الداخلية للخلايا وقد يصل الى خلايا القشرة الملاصقة للبشرة.

ويعتبر الكيوتين مادة شبه محبة للماء، ويوضح هذه الصفة حدوث النتح من خلال الأدمة فيما يسمى بالنتح الأديمى Cuticular Transpiration ونفاذ المواد المتنوعة التي ترش بها النباتات لأغراض معينة. ويبلغ النتح الأديمى حوالى ١٠٪ والباقي عن طريق الثغور.

الجزء الخارجى من جدار خلية البشرة الذي يقع تحت الأدمة يكون مكونا معقد التركيب لاسيما في النباتات التي يكون فيها سميكا. ويتركب من صفائح من السليلوز المكوتن متبادلة مع أخرى سليلوزية غنية بالبكتين.

وتوضح بعض الأدلة أن الكيوتين يظهر على سطح خلايا بشرة الأعضاء الهوائية من خلال الروابط البلازمية الخارجية التي توجد في الجدر الخارجية لخلايا البشرة حيث تتجمع على السطح ليتكون عنها الأدمة. ويرى البعض أن الجدر السليلوزية تتميز بوجود مسام شعرية دقيقة قد تسمح بمرور الكيوتين والشمع من خلالها.

وتلتصق الأدمة بالسطح الخارجى لخلايا البشرة، وقد تنفصل عنها أحيانا بنتواءات منها تمسكها بالبشرة وتمتد قليلا فوق الجدران القطرية للخلايا مثلما يشاهد في أوراق نبات الموز Musa. وابتعاد طبقة الأدمة عن سطح البشرة ووجود هواء بينهما يكسب الأوراق مظهرا لامعا فضيا.

قد يوجد الشمع والراتنجات والأملاح المتبلورة في صورة ترسبات سطحية على الأدمة في الأجزاء الهوائية للنبات لاسيما الأوراق. ترسبات الشمع تكون متبلورة في صورة حبيبات صغيرة أو كبيرة أو قضبان ذات نهايات خطافية أو تركيب شبكى من أجزاء دقيقة. يكسب الشمع الأعضاء التي يترسب عليها لونا فضيا كما في ثمار البرقوق Prunus cerasifera والعنب Vitis. وتكون الشمع على سطوح الأوراق يؤثر في مدى فعالية مواد الرش المختلفة حيث يمنع ملامسة السوائل لسطوحها. وأحيانا يكون لهذا الشمع أهمية اقتصادية كما في شمع كارنوبا Carnauba wax الذي يحصل عليه من سطوح أوراق نخيل الشمع البرازيلى Copernicia cerifera.

والأدمة تقاوم الكائنات الدقيقة لدرجة كبيرة، ولهذا تكفل بعض الحماية ضد الفطريات الممرضة. وقد تبقى الأدمة محفوظة لملايين السنين دون أن تتحلل. وتزيد

الأدمة من قدرة البشرة على الحماية الميكانيكية لأنسجة النبات ومن الجفاف .

تركيب البشرة في العائلة النجيليـة

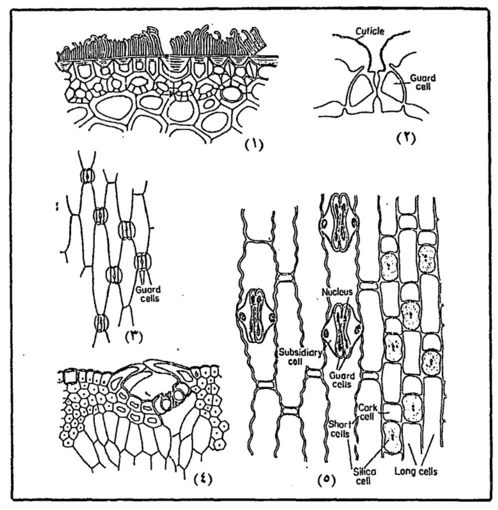
بالاضـافة الى الخلايا العادية في البشرة، توجد تنوعات خلوية في الأعضاء الهوائية لنباتات العائلة النجيلية Poaceae. وتحتوى البشرة على خلايا طويلة ونوعين من خلايا قصيرة تتجمع عادة في أزواج. يعرف النوع الأول بخلايا السليكا Silica Cells والثانى بخلايا الفلين Cork Cells (شكل ٧٤). خلايا السليكا تمتلىء بأكسيد السليكون SiO_2 وتتنوع في أشكالها، أما خلايا الفلين فان جدرها مسوبرة وغالبا تحتوى على مواد عضوية صلبة، وهى أيضا تحتوى على سليكا.

وتنشأ من خلايا البشرة في الأوراق تراكيب مختلفة في صورة أشواك صغيرة أو شعور جامدة. تحتوى البشرة في العائلة النجيلية على خلايا ليفية قد يصل طولها الى أكثر من ٣٠٠ ميكرون. تترتب خلايا البشرة في صفوف متوازية، ويختلف ترتيب هذه الصفوف في أجزاء النبات المختلفة. فمثلا، البشرة الداخلية لقمة الورقة عند القاعدة، متماثلة في الشكـل وخلاياها كلها طويلة. وفي غير هذا الموضع من الأوراق، توجد تجمعات من خلايا متنـوعة؛ صفوف من خلايا طويلة وثغور توجد فوق النسيج التمثيلي، أما فوق العروق Veins فتوجد خلايا طويلة مختلطة بخلايا فلين أو أشواك في الساق، ويختلف تركيب البشرة تبعا لمستواها في السلامية، وموضع السلامية في الساق.

والبشرة العليا للأوراق في العائلة النجيلية وكثير من ذوات الفلقة الواحدة تحتوى على نوع غريب من الخـلايا يسمى الخـلايا الـلافة Bulliform Cells تتميز بحجمها الكبير وفجـواتها الواسعة الممتلئة بالماء وفقيرة في المحتويات الصلبة. وقد تغطى الخلايا جميع السـطح العلوى للورقـة أو توجـد في مجاميع على شكـل أشرطـة متوازية تمتد فيما بين العروق، تتركب من عدة خلايا.

ففي القطاعات العرضية للأوراق تبدو في شكل مروحة، الخلية الوسطى أكبر حجما من بقية الخلايا، في هيئة أوتاد. وقد توجد الخلايا اللافة على سطحى الورقة. وتتركب جدر الخلايا اللافة من السليلوز والبكتين، والجدر القطرية والداخلية تكون رقيقة بينما الخارجية تكون في سمك جدر الخلايا الأخرى العادية المجاورة، وقد تكون أكثر منها في السمـك، وهى مكـوتنـة وتكسوها أدمة. ويندر وجود التانينات والبلورات في الخلايا اللافة، وقد تخزن هذه الخلايا السليكا، وتحتوى الخلايا على كميات كبيرة من الماء ذات كلوروفيل ضئيل أو معدوم.

والـوظيفـة الـرئيسية لهذه الخـلايا تتركز في الدور الذي تقوم به في التفاف وانبساط



(شكل ٧٤)

(١) جزء من قطاع عرضى في بشرة ساق قصب السكر يبين الترسبات الشمعية في هيئة شعور أو قضبان.

(٢) قطاع عرضى في ثغر لنبات البصل يوضح تركيبه.

(٣) منظر سطحى للبشرة في نبات الايرس يوضح ترتيب الثغور في صفوف طولية.

(٤) قطاع عرضى في نصل ورقة يوضح الثغر الغائر تكسوه شعور.

(٥) منظر سطحى لبشرة نبات نجيلى يوضح خلايا السليكا والفلين وتركيب الثغر.

النصل في الأوراق الناضجة نتيجة للتغيرات التي تحدث في درجة انتفاخها. ففي الجو الجاف يؤدى انكماشها الى التفاف النصل مما يقلل النتح، بينما في حالة توفر الرطوبة يظل النصـل منبسـطا وهنـاك إتجـاه آخـر يؤيد الـوظيفة الاختزانية للماء لهذه الخلايا. فقد أوضحت بعض الدراسات أن الخلايا اللافة لادخل لها في التفاف الأوراق أو تخزين الماء.

والخـلايا الحـاسـة للثغور Guard Cells في أوراق نباتات العائلة النجيلية Poaceae تترتب في صفوف منتظمة وهى ذات شكل مميز فهى صولجانية الشكل في المنظر السطحى ذات طرفـين منتفخـين جدرهـا رقيقة. والجزء الأوسط للخلية مستقـيم وضيـق وغيـر منتظـم السمـك.

البشـرة المتضاعفـــة MULTIPLE EPIDERMIS

وهي بشرة عديدة الـطبقات Multiseriate توجد في أوراق بعض العائلات النباتية مثل التوتية Moraceae والفلفلية Piperaceae والحريقية Urticaceae والبيجنونية Big-noniaceae كما توجد أيضا في أوراق النخيل وجذور الأوركيد.

وتنشـأ البشرة المتضاعفة كصف واحد من الخلايا في نصل الورقة اليافعة ثم تتعدد صفوف الخلايا نتيجة للأنقسامات المماسية في هذه الخلايا وفي مشتقاتها الخلوية.

الـطبقـة الخـارجية من البشرة المتضـاعفـة تماثـل في تركيبهـا طبقة البشرة العادية، وخـلاياهـا تكـون أصغر حجما من خلايا الطبقات التي تليها الى الداخل. والطبقات الـداخلية تكون خلاياها كبيرة الحجم خالية من البلاستيدات الخضراء، وعادة يوجد بينها مسافات بينية.

ويتراوح عدد صفوف البشرة المتضاعفة بين ٢-١٦ صف تبعا لنوع النبات. ففي التين المطاط Ficus elastica تتركب البشرة المتضاعفة من ٣-٤ صفوف (شكل ٤٨) بينما في نبـات Peperomia يصـل عدد الصفوف في البشرة المتضاعفة في الورقة الى حوالى ١٥ صف، وهي تمثل حوالى ٧ أمثال سمك النسيج المتوسط للورقة.

والحجاب الجذرى Velamen الموجود في الجذور الهوائية للنباتات الاستوائية المعلقة Tropical Epiphytes لاسيما أنواع العائلة الأوركيدية Orchidaceae والقلقاسية Araceae يعتـبر بشرة متضـاعفـة تتركب من عدة صفوف من الخلايا نشأت عن أصل واحد هو منشيء البشرة. وخلايا هذا الحجاب تكون مقواة بتغلظات ثانوية حلزونية أو شبكية.

الثغـــور STOMATA

الثغـور هى الـتراكيب التي تتميز بها بشرة الأعضاء الهوائية الخضراء للنبات لاسيما الأوراق والسيقان الحديثة، ويتم خلال فتحاتها تبادل الغازات بين أنسجة النبات والهواء الخارجى، وتعتمد وظائف التنفس والبناء الضوئى والنتح على هذا التبادل الغازى.

وكثيرا توجد الثغور في سبلات وبتلات الأزهار، وفي الأسدية والكرابل، وهذه غالبا

لاتقوم بوظيفتها. ولاتوجد ثغور في الجذور، ومع هذا، فهى توجد في الريزومات.

يتركب الثغـر Stoma من فتحـة ضيقة Aperture تحيط بها خليتان تدعيان الخليتان الحـارستـان Guard cells. وقد تتصل الخليتان الحارستان مباشرة ببقية خلايا البشرة أو يكون اتصالها عن طريق خلايا أخرى متخصصة تسمى الخلايا المساعدة Subsidiary cells تختلف في أشكـالهـا وتركيبها وترتيبها عن بقية خلايا البشرة، وعددها خليتان أو أكثر. وتسهم هذه الخلايا في النشاط الفسيولوجى للخلايا الحارسة. ويبلغ طول فتحة الثغر حوالى ١٨ ميكرون واتساعها حوالى ٦ ميكرون. تتصل فتحة الثغر داخليا بمسافة بينية واسعـة تسمى غرفـة الثغـر Stomatal chamber . ويطلق كلمة ثغر Stoma على الفتحة الموجودة في البشرة بالاضافة الى الخليتين الحارستين والخلايا الأخرى المساعدة.

توزيـــع الثغـــور

يختلف توزيع الثغور على سطوح الأوراق الخضراء تبعا لنوع النبات. وغالبا توجد الثغور على السطحين العلوى والسفلى فتسمى الورقة Amphistomatic leaf وأحيانا على السطح العلوى فقط Epistomatic leaf أو السفلى Hypostomatic leaf.

في أوراق بعض النباتات مثل التفاح Malus Sylvestris والكوليس Coleus والبيجونيا Begonia والخوخ Prunus persica توجد الثغور على السطح السفلى فقط. وفي حالات قليلة، توجد الثغور بأعداد متقاربة على كل من السطحين العلوى والسفلى مثل الذرة Zea. (٥٢٠٠ ثغر على السطح العلوى، ٦٨٠٠ على السطح السفلى) والشوفان Avena حوالى (٢٥٠٠ ثغر على السطح العلوى، ٢٣٠٠ على السطح السفلى). وعادة يكون عدد الثغور على السطح السفلى أكبر من على العلوى كما في البطاطس Solanum tuberosum حوالى (٥٠٠٠ ثغـر على السـطح العلوى و ١٦ ثغر على السفلى)، وتباع الشمس Helianthus Annuus (٥٨٠٠ ثغـر على السـطح العلوى، ١٥٦٠٠ ثغر على السفـلى) والـطماطم (Lycopersicon esculentum ١٢٠٠ ثغـر على السـطح العلوى، ١٣٠٠ ثغـر على السفـلى) وفي الفـاصـوليا Phaseolus vulgaris يوجد ٤٠٠٠ ثغر على السطح العلوى، ٢٨٠٠٠ على السطح السفلى. وهذه الأعداد بالنسبة للسنتيمتر المربع.

ويختلف عدد الثغور أيضا تبعا لبيئة النبات. ففي النباتات المائية، تتركز الثغور فيها على الســطح العلوى فقط في الأوراق الــطافية ولاتــوجـد في الأوراق المغمـورة على السطحين. وفي نباتات الظل Shade plants يكون عدد الثغور على السطح العلوى أكثر من السفلى. وفي النباتات الأرضية الوسيطة تكون الثغور أكثر عددا على السطح السفلى

منـه على العلوى، وذلك في الأوراق ذات الجانبين Dorsiventral leaves. وفي الأوراق متشابهة الجانبين Isobilateral leaves (أي التي يوجد النسيج العمادى فيها على الجانبين) تتوزع الثغور تقريبا بالتساوى على السطحين. وفي النباتات الصحراوية Xerophytes ينخفض عدد الثغور بدرجة كبيرة وتتركز على السطح السفلى.

وفي معظم النباتات يتراوح عدد الثغور بين ١٠٠-٣٠٠ في المليمتر المربع من سطح الورقة تحت ظروف البيئة الوسيطة، بينما في النباتات الصحراوية فان العدد ينخفض الى حوالى ١٠-١٥ ثغـر. وعـادة، يزداد عدد الثغـور تجاه قمة الورقة والحافة حيث تصغر الخلايا وتبقى نسبة عدد الثغوز الى عدد الخلايا في البشرة ثابتة.

وفي معظم الأوراق ذات التعريق المتوازى، مثل ذوات الفلقة الواحدة، تترتب الثغور في صفوف متوازية بحيث يكون محورها الطويل مواز للمحور الطويل للورقة.

وفي الأوراق ذات التعـريق الشبكى مثـل ذوات الفلقتين تكون الثغور موزعة بغير نظام. يندر وجود الثغور فوق عروق الورقة.

ويختلف مستوى موضع الثغور بالنسبة لبقية خلايا البشرة تبعا لنوع النبات. فغالبا تكـون الثغور في مستوى بقية خلايا البشرة، وقد ترتفع قليلا عن هذا المستوى كما في جنس Solanum والذرة Zea والخوخ Prunus persica وقد تنخفض قليلا عنها كما في الموز Musa. وفي بعض النبـاتات تكون الثغور غائرة تحت مستوى خلايا البشرة في تجاويف تسمى السراديب الثغـرية Stomatal crypts تحتمى الثغـور بداخلها. هذه السراديب تكون عادة مغطاة بشعور كثيفة كما في ورقة نبات قصب الرمال Ammophila arenaria حيث تتركـز الثغور على السطح السفلى، وفي ساق نبات الرتم Retma monosperma وهما من النبات الصحراوية المصرية. وفي نبات الدفلة Nerium وهو من نباتات البيئة الوسيطة Mesophytes توجد الثغور غائرة في تجاويف على السطح السفلى تكسوها شعور سطحية، وتمتـد الى حوالى ١/٣ النسيج المتـوسط للورقـة. وتعرف هذه الثغور باسم الثغور الغائرة Sunken stomata.

تركيب الخلية الحارسة

تتميز الخلية الحارسة Guard cell عن بقية خلايا البشرة باحتوائها على بروتوبلاست كثيف به نواه كبيرة وبلاستيدات خضراء. صفائح البذيرات في هذه البلاستيدات تكون أقل عددا وانتظاما من الصفائح التي توجد في بلاستيدات النسيج المتوسط في الورقة، وهى وحدها بين خلايا البشرة، التي يوجد بها نشا انتقالى.

في معظم النباتات تكون الخلية الحارسة كلوية الشكل تقريبا، جدرها غير منتظمة

السمك. الجدار الأمامى للخلية الحارسة المواجهة لفتحة الثغر يكون سميكا الا من جزئه الأوسط الذي يبرز تجاه وسط الثقب.

أما الجدار الخلفى الملاصق للخلية المجاورة فيكون رقيقا ومرنا. وتتميز الخلية الحارسة أيضا بأن لها حافة Ledge بارزة سميكة، من مادة الجدار زائدة التكوتن، على كل من سطحيها العلوى والسفلى عند فتحة الثغر كما في الموز Musa أو على العلوى فقط كما في الخوخ Prunus Persica. وتظهر هذه الحافة في شكل قرن أو منقار عند فتحة الثغر.

وإذا وجدت حافتان، فان العليا تحصر تجويفا أماميا بينها وبين قناة الثغر، اما السفلى فتحصر تجويفا آخر بين قناة الثغر والغرفة تحت الثغر Substomatal chamber. والقناة الثغرية تمتد بين فتحة الثغر والغرفة تحت الثغرية. وأحيانا لاتتكون أى حافة.

وجدار الخلية الحارسة يكون مكوتنا ويغطى من الخارج بطبقة أدمة تمتد على سطحها المواجه لفتحة الثغر حتى الغرفة تحت الثغر حيث يلتقى بطبقة الكيوتين التي تكسو جدر خلاياها المواجهة للغرفة الهوائية. ويوجد اللجنين في بعض أجزاء جدر الخلايا الحارسة في العـائلة النجيلية Poaceae والسعدية Cyperaceae وبعض ذوات الفلقتين. ويحتمل وجود روابط بلازمية بين الخلايا الحارسة والمساعدة. الخلايا المساعدة تكون جدرها أقل سمكا من بقية خلايا البشرة.

في العائلة النجيلية Poaceae والسعدية Cyperaceae تشاهد الخلية الحارسة صولجانية الشكل، مستقيمة ضيقة في الوسط وطرفيها منتفخان.

الجـزء الأوسط الضيق يكن جداره سميكـا بدرجـة ملحوظة الا من مجرى ضيق، والأجزاء الطرفية المنتفخة تظل رقيقة. وقد يكون الجدار الواقع بين الطرفين المنتفخين للخليتين الحارستين غير كامل، وبذلك يلتقى بروتوبلاستى الخليتين معا. نواة الخلية تكون متطاولة تأخذ شكل تجويف الخلية، ولها طرفين كبيرين يصلهما معا جزء خيطى. ويحاط الثغر بخليتين مساعدتين، واحدة على جانب كل من الخليتين الحارستين.

ميكانيكية حركـة الخلايا الحارســة

تقـوم الثغـور بتنـظيم التبادل الغازى بين المسافات البينية في جسم النبات والهواء الخـارجى. وتعتمـد وظائف التنفس والبناء الضوئى والنتح على هذا التبادل الغازى. يختلف حجم فتحـة الثغـر تبعـا لنـوع النبات كما تختلف أيضا في نفس النبات. ففي الخروع طول الفتحة ١٠ ميكرون والعرض ٤ ميكرون، وفي تباع الشمس ٢٢ ميكرون في الطول، ٨ في العرض، وفي الذرة الشامية ١٩ ميكرون في الطول، ٥ في العرض.

وميكانيكية عمل الثغور في تنظيم التبادل الغازى ترجع الى التركيب المميز في الخلايا

الحـارسـة الـذي يتركز في عدم انتظام جدرها في السمك. هذه الصفة وثيقة الارتباط بالتغير في حجم الخلية الحارسة وبالتالي في انفتاح أو انغلاق الثغر ويتوقف مدى انفتاح أو انغـلاق الثغـر على التغيرات في انتفاخ الخلايا الحارسة بصفة أساسية والتغيرات في انتفاخ خلايا البشرة.

وعموما، فإن الزيادة في انتفاخ الخلايا الحارسة بالنسبة لخلايا البشرة يؤدى الى اتساع فتحة الثغر والعكس صحيح. تأثير التغيرات في انتفاخ الخلايا الحارسة على حجم فتحة الثغر يختلف تبعا لتركيب الخلايا الحارسة وشكلها وتوزيعها.

في ذوات الفلقتين ومعظم ذوات الفلقة الواحدة، يتركب الثغر من خليتين حارستين كلويتى الشكـل تتميزان بعـدم انتظام جدرها في السمك، والجدر الظهرية الملاصقة لخلايا البشرة أو الخلايا المساعدة تكون رقيقة، بينما الجدر الأمامية المواجهة لفتحة الثغر تكون سميكة الا من الجزء الوسطى. والأجزاء الرقيقة من الجدار تتأثر بانتفاخ الخلية. في نوع آخر من الثغور تكون الخلية الحارسة منتظمة في سمك جدرها.

وعنـدمـا تمتـلـىء الخـلايا الحـارسة بالماء يتغير شكلها وتصبح مقوسة، حيث تتمدد الأجـزاء الـرفيعـة من جدرها، فيقل تقوس مايوجد منها بوسط الجدر الأمامية فينفتح الثغـر. أمـا اذا فقـدت الخـلايا الحـارسـة جانبـا كبيرا من مائها، فان انتفاخها يقل، وينخفض الضغط على الجـدر الرقيقة فيزداد تقوس الأجزاء الرقيقة من الجدر الأمامية فتتقارب معا فيضيق الثغر أو ينغلق. والأجزاء السميكة في الجدار لايطرأ عليها أى تغير لصلابتها. وحركة الخلايا الحارسة في هذه النباتات تكون في اتجاه مواز لسطح البشرة.

في العـائلة النجيلية Poaceae والعائلة السعدية Cyperaceae الخلايا الحارسة ذات شكل خاص متميز، فهى صولجانية الشكل طرفيها منتفخين بينما الجزء الأوسط يكون ضيقا ومستقيما، وجداره سميكا بدرجة كبيرة، غير منتظم السمك (شكل ٧٣). وتؤدى زيادة انتفاخ الأجزاء الطرفية الرقيقة الجدر في الخلايا الحارسة الى تباعد الأجزاء السميكة في الجدار عن بعضها فتتسع فتحة الثغر. اذا قل الانتفاخ، يقل حجم الأجزاء الطرفية فتتقـارب أجزاء الجدر السميكة وينغلق الثغر. وتحدث حركة الخلايا الحارسة أيضا في اتجاة مواز لسطح البشرة.

ويوجد طراز آخر لحركة الخلايا الحارسة حيث تكون هذه الحركة في اتجاه عمودى على سطح البشرة، ويسمى هذا الـطراز Helleborus. وفي أنواع جنس Helleborus وأنواع جنس Tradescanta تكـون الجدر الخلفية للخلايا الحارسة سميكة بينما الأمامية تكون رفيعة نسبيا. وتوجد حافة بارزة Ledge على السطح العلوى لكل من الخليتين الحارستين عند فتحة الثغر. عندما ينفتح الثغر تشد الحافتان الى أسفل وعندما تتحركان الى أعلى

عموديا على سطح البشرة فان الثغر ينغلق.

وتنفتح الثغور في النهار وتغلق ليلا، ويتأثر انفتاح الثغور وانغلاقها بعوامل أساسية هي الضوء والعلاقات المائية الداخلية في الورقة والحرارة.

والخلايا المساعدة Subsidiary cells تؤدى دورا مساعدا في هذه العملية.

منشـــأ الثغـــور

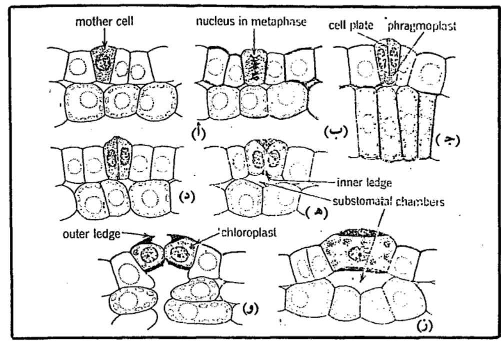
يتركب الثغر أساسيا من خليتين متخصصتين من خلايا البشرة تسمى كل منها خلية حارسة Guard cell يتوسطهما فتحة تعرف بفتحة الثغر Stomatal pore. في كثير من النباتات، يرتبط بالثغر خلايا أخرى من خلايا البشرة تسهم في النشاط الفسيولوجى للخلايا الحارسة تسمى الخلايا المساعدة Subsidiary cells. والثغور تنشأ مع تكوين البشرة من خلايا منشىء البشرة Protoderm.

في أبسط أنواع الثغور في مغطاه البذور تنشأ الخلية الأم للثغر Stomatal initial أو Stoma mother cell نتيجة لانقسام خلوى غير متماثل يحدث في احدى خلايا منشىء البشرة Protoderm (شكل ٧٥-٧٧). الخلية الأم للثغر تكون الصغرى وتتميز بكثافة بروتوبلازمها ولون نواتها الداكن، وتنقسم الى خليتين تتكشف كل منها الى خلية حارسة. والمنطقة التي ستصبح فتحة الثغر بين الخليتين الحارستين، تشاهد منتفخة عدسية الشكل من مادة البكتين قبل أن تنفصل الخليتان عن بعضهما.

وهذا المظهر يحتمل أنه نتج عن انتفاخ المادة البينية (الصفيحة الوسطى) قبل ذوبانها، وتكوين فتحة الثغر. في هذه الحالة لاتوجد للثغر خلايا مساعدة كما في نبات الفول Vicia faba والبصل Allium cepa (شكل ٧٧). ثم تتكون الغرفة الهوائية للثغر خلال مراحل تكشفه في النسيج المتوسط.

وحينما توجد الخلايا المساعدة، قد تكون مرتبطة بالخلايا الحارسة ارتباطا وثيقا في نشأتها أو لايكون بينهما أى صلة قرابة. وقد تنشأ الخلية المساعدة من مشتقات انقسام احدى خلايا منشى البشرة قبل أن تتكشف عنها الخلية الأم للثغر، وبذلك تكون الأخيرة شقيقة للخلية المساعدة. في حالات أخرى تنشأ الخلية المساعدة مستقلة عن خلايا منشىء البشرة الملاصقة للخلية الأم للثغر. فمثلا في العائلة الباذنجانية Sol-anaceae تمثل الخلايا المساعدة نواتج لانقسامات متتالية لاحدى خلايا منشىء البشرة. الانقسام الأخير في هذه الخلية ينتج عنه الخلية الأم للثغر (شكل ٧٥).

وفي نبات Tradescantia توجد أربعة خلايا مساعدة حول الثغر، كل منها ينشأ مستقلا من انقسام خلية منشىء البشرة Protoderm مجاورة للثغر. وفي العائلة النجيلية



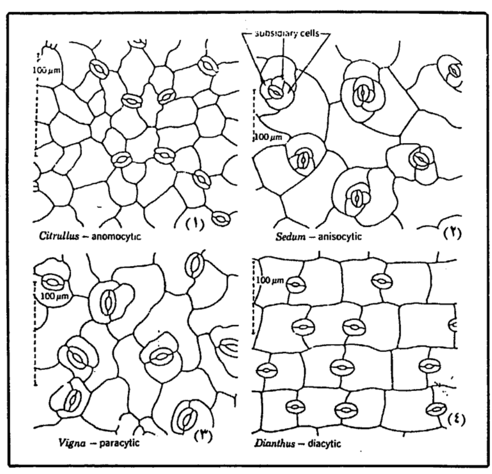
(شكل ٧٥): يوضح مراحل تكشف الثغر في ورقة نبات الدخان كما تظهر في القطاعات

(أ، ب، ج) الخلية الأم للثغر وبدء انقساماتها.
(د) خليتان حارستان جدرهما رقيقة ناتجتان عن انقسام الخلية الأم.
(هـ) الخليتان الحارستان أخذتا في تغلظ جدرهما.
(و) خليتان حارستان لكل منهما حافة داخلية وأخرى خارجية والجدر غير منتظمة السمك.
(ز) خلية حارسة كما تبدو في قطاع موازى لمحورها الطويل وعمودى على سطح الورقة.

Poaceae توجد خليتان مساعدتان، واحدة منهما على أحد جانبى الخلية الحارسة، وتنشأ الخلية المساعدة عن خلية من خلايا منشىء البشرة المتاخمة لكل من جانبى الخلية الأم للثغر.

وتكون الخلية الأم للثغر، في أول الأمر، في مستوى سطح خلايا البشرة المجاورة لها، اذا كان الثغر في مستوى مرتفع عن سطح البشرة أو منخفض عنها، فان انتظام وضع الثغر تبعا لبقية خلايا البشرة يتم خلال مراحل نضجه من خلال اعادة ترتيب خلايا البشرة فيما بينها، وبينها وبين النسيج المتوسط للورقة.

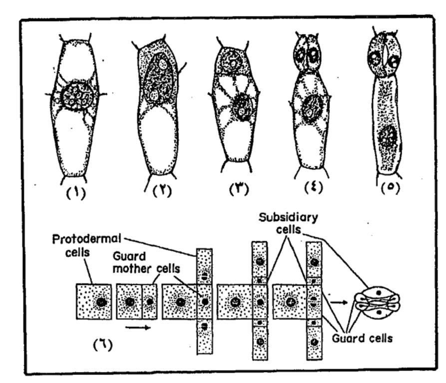
ولاتنشأ ثغور الورقة كلها في وقت واحد، وانما يستمر تكوينها على التوالى خلال فترة ملحوظة من نمو الورقة. ويوجد طرازان رئيسيان يوضحان نظام نشأة الثغور في الأوراق. في الأوراق ذات التعريق المتوازى وتوجد الثغور مرتبة في صفوف طولية، يبدأ



(شكل ٧٦): يوضح طرزا مختلفة من الثغور كما ترى في المنظر السطحى لاحظ الخلايا المساعدة في كل طراز.

١ - ثغر عديم الخلايا المساعدة.
٢ - ثغر غير متماثل الخلايا المساعدة.
٣ - ثغر متوازى الخلايا المساعدة.
٤ - ثغر متعامد الخلايا المساعدة.

تكوين الثغور على التوالى في الأجزاء الناضجة عند أطراف الأوراق في ترتيب تنازلى. هذا الطراز تتميز به معظم النباتات ذوات الفلقة الواحدة وبعض ذوات الفقتين. وفي الأوراق ذات التعـــريق الشبكى كما في معـظم ذوات الفلقتـين وبعض ذوات الفلقـة الـواحـدة تشـاهـد الثغور مختلطة في مراحل نمو مختلفة، والثغور الناضجة مختلطة مع الآخذة في التكشف.



(شكل ٧٧): يوضح تكشف الثغر في نبات البصل

١ و ٢ خلايا مستطيلة من البشرة قبل الانقسام الخلوى الغير متساوى.

(٣) الخلية الصغرى الناشئة عن هذا الانقسام غنية بالبروتوبلازم وهى الخلية الأم لتكوين الخليتين الحارستين.

(٤ و ٥) الخليتان الحارستان تكشفتا عن الخلية الأم للثغر.

(٦) رسم تخطيطى يوضح خطوات تكوين الثغر في ورقة نبات الشعير.

لاحظ الأسهم التي تشير الى مراحل الانقسامات الخلوية التي تنتهى بتكوين الثغر.

تصنيف الثغـــور

تصنف الثغـور من النـاحية المـورفولوجية، تبعا لوجود الخلايا المساعدة أو غيابها، وعددها ووضعها بالنسبة للخلايا الحارسة (شكل ٧٦)، الى عدد من الأنواع منها:

١ ــ الخلايا المساعدة غير موجودة Anomocytic (كان يعرف باسم Ranunculaceous Type) في هذا النوع لاتوجد خلايا مساعدة. وهذا النوع شائع في كثير من ذوات الفلقتين لاسيما بعض أجناس العائلة البقولية Leguminosae وفي جنس البصل Allium (شكل ٧٧).

٢ ــ متوازى الخلايا المساعدة Paracytic حيث توجد خليتان مساعدتان في هذا النوع متماثلتان في الشكل، محورهما الطويل مواز لامتداد فتحة الثغر. ويوجد هذا

النـوع في عدد من العائلات مثل الوردية Rosaceae والنجيلية Poaceae. وكان هذا النوع يعرف باسم Rubiaceous Type نسبة الى العائلة Rubiaceae.

٣ ــ متقاطع الخلايا المساعدة Diacytic : في هذا النوع توجد خليتان مساعدتان حول الثغر. والجدر المشتركة لهما تكون عمودية على المحور الطويل للخلية الحارسة. يوجد هذا النوع في العائلة القرنفلية Caryophyllaceae وكان يعرف باسم Caryophyllaceous type نسبة الى العائلة القرنفلية.

٤ ــ غير متشابة الخلايا المساعدة Anisocytic : حيث توجد حلقة أو أكثر من ثلاث خلايا مساعدة تحيط بالثغر احداها صغيرة يوجد هذا النوع في العائلة الصليبية Brassicaceae والفلفلية Piperaceae وكان يعرف باسم Cruciferous type نسبة الى العائلة الصليبية.

٥ ــ رباعى الخلايا المساعدة Tetracytic : حيث يحاط الثغر بأربع خلايا مساعدة، اثنتـــان منهـــا في وضـع جانبى كل واحـدة منهـا على جانب احـدى الخليتـين الحارستين، والأخريتين تكونان قطبيتان، ويوجد هذا النوع في العائلة المركبة Asteraceae.

٦ ــ توجـد ثغور تحاط بحلقة من خلايا مرتبة شعاعيا يطلق عليها Actinocytic أى شعاعية الخلايا المساعدة. هذا فضلا عن نوع الثغور في العائلة النجيلية Poaceae والسعدية Cyperaceae والتي يطلق عليها طراز النجيليات Poaceous type. وكثيرا ما يوجد أكثر من نوع من الثغور في أوراق العائلة الواحدة، ومع هذا يوجـد نوع يســود على غيره تتميز به العـائلة. وأحيانا، يختلف نوع الثغور على سطحى نفس الورقة.

زوائد البشـــــرة TRICHOMES

هى نموات تنشأ من البشرة، شائعة الوجود في الغالبية العظمى من النباتات مغطاة البذور. في قليل من العائلات، مثل عائلة عدس الماء Lemnaceae تكون زوائد البشرة غير موجودة. هذه الزوائد متنوعة في الشكل والتركيب والوظيفة، وقد تكون وحيدة أو عديدة الخـلايا، غدية أو غير غدية. وقـد توجـد على جميع أجـزاء المجموع الخضرى للنبـات. وقد تبقى هذه الزوائد طوال حياة النبات، أو يكون بقاؤها مؤقتا، وقد يظل بعضها حيا والبعض الآخر يموت ويبقى جافا أو يسقط.

ومعظم زوائد البشرة تمثلها شعور متنوعة في الشكل والتركيب والوظيفة. وجدر هذه الزوائد غالبا سليلوزية رفيعة تكسوها أدمة. وفي بعض الأحيان تكون الجدر ملجننة أو مشربة بالسليكا.

يوجـد نوع من زوائـد البشرة يسمى النتـوءات Emergencies مثـل أشواك سيقان شجـيرات الـورد Rosa. هذه الأشواك خالية من الأنسجة الوعائية، وتتألف من خلايا البشرة وتحت البشرة.

وأحيانا تستخدم زوائد البشرة كصفة يعتمد عليها في النواحى التصنيفية، فقد يوجد تماثل ملحوظ في زوائد مجموعة نباتية معينة.

ويمكن تصنيف زوائـد البشرة تبعا لصفاتها المورفولوجية الى عدة طرز منها الشعور والحراشيف والكلترات والحويصلات المائية.

(١) الشعـــــور HAIRS

تصنف الشعور تبعا لتركيبها الى وحيدة الخلية وعديدة الخلايا، وغدية أو غير غدية، متفرعة أو غير متفرعة. وقد تكون الشعور حية أو ميتة؛ الحية يكون السيتوبلازم فيها رقيقـا، وقد يكون غزيرا اذا كانت الشعرة مفرزة لمواد معينة. ويتنوع جدار الشعور في تركيبه الكيماوى وفي سمك الجدر. وقد يتركب جدار الشعرة من السليلوز مثل شعور القطن .Gossypium spp وشعور الكابوك Kapok وقد تكون مشربة بالسليكا أو كربونات الكالسيوم. شعور ثمار الخوخ Prunus persica وأزهار الصفصاف Salix وبراعم العنب Vitis ذات جدر سميكة. وكثيرا تكون الشعرة ملجننة Lignified أو مكوتنة Cutinized. وقد تحتوى الشعور على حويصلات حجرية Cystolith كما في القنب Cannabis وحشيشة الدينار Humulus والرامى Boehmeria nivea.

وتقوم الشعور في النبات بوظائف مختلفة، فمنها ما تفرز زيوتا عطرية أو مواد هاضمة أو أمـلاح أو امتصـاص الماء، ومع هذا فإن أهم وظائفها تتركز في الحماية من الجفاف وتقليل النتح لاسيما في نباتات البيئة الجفافية. وبعض الشعور ذات أهمية اقتصادية كبيرة مثل شعور القطن. وتقسم الشعور على أساس تركيبها الى شعور وحيدة الخلية وأخرى عديدة الخلايا.

أ ـ الشعور وحيدة الخلايا Unicellular Hairs

تكـون هذه الشعـور غدية أو غير غدية، متفـرعة أو غير متفرعة، ويمثل كل منها امتـدادا أنبـوبيا لاحـدى خلايا البشرة. وقـد تكـون قصيرة أو طويلة، وأحيانا تكون متفرعة. من أهم أمثلتها:

١ ـ ***شعور ليفية*** Fibrous Hairs : أهم أمثلتها شعر القطن الذي يوجد على غلاف بذرة القـطن. وتنشـأ الشعـرة عن نمـو خلية واحـدة من خلايا بشرة غلاف البويضة

الخارجى (شكل ٧أ). والشعرة الناضجة عبارة عن تركيب أنبوبى رفيع ملتوى، قد يصل طولها الى حوالى ٢ بوصة ويختلف طولها تبعا للصنف.

وتحتوى شعرة القطن بداخلها على فجوة وسطية على هيئة قناة ضيقة تمتد بطول الشعرة. تظهر الشعرة الناضجة كلوية الشكل في القطاع العرضى.

وشعر الكابوك Kapok الذي يعرف باسم الحرير النباتى، يحصل عليه من ثمار شجرة الحرير النباتى Ceiba pentandra. ويبلغ طول الشعرة حوالى بوصة، وجدرها من السليلوز وخال من الالتواءات وذات فجوة وسطية.

وتنشأ الشعرة عن نمو خلية واحدة من البشرة الداخلية لجدار المبيض.

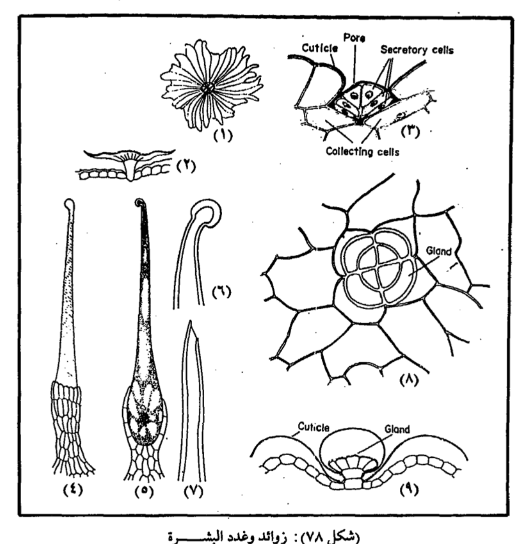
٢ ـ *الشعور اللاذعة* Stinging hairs : تعتبر شعور نبات الحريق Urtica مثالا للشعور وحيدة الخلية الغدية، وتتميز بافراز مواد سامة لاذعة. تتركب شعرة نبات الحريق من قاعدة منتفخة مطمورة جزئيا في نتوء من البشرة عديدة الخلايا، وطرف مستديرة ينتهى بأنبوبة شعرية ذات قمة مسديرة صغيرة جانبية الوضع. جدر الشعرة سميكة مشربة بالسليكا في جزئها العلوى، جزؤها القاعدى يكون مشربا بكربونات الكالسيوم (شكل ٧٨). وعندما تحتك قمة الشعرة بجلد حيوان ما، تنفصل الرأس تاركة طرف الشعرة المدبب مفتوحا. ونتيجة للضغط ينغرس طرف الشعرة في جلد الحيوان فتسرى فيه الافرازات التي تسبب تهيجا وألما في الجلد.

٣ ـ *الشعيرات الجذرية* Root hairs : تمثل الشعرة امتدادا أنبوبية لخلية واحدة من خلايا بشرة الجذر. وجدار الشعرة من السليلوز تغلفه من الخارج طبقة من بكتات الكالسيوم. وتحتوى الشعيرة على فجوة عصارية كبيرة تحيط بها طبقة رقيقة من السيتوبلازم. وتوجد النواة عند طرف الشعيره مغمورة في السيتوبلازم. وتقوم الشعيرات الجذرية بامتصاص الماء والعناصر الذائبة من التربة. والشعيرات الجذرية غالبا قصيرة العمر لاتتجاوز فترة حياتها بضعة أيام.

ب ـ الشعور عديدة الخلايا Multicellular hairs

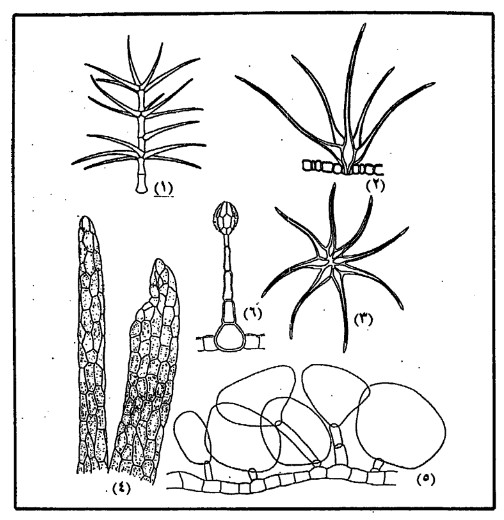
وهي شعور تتركب الواحدة منها من خليتين أو أكثر، وهى متفرعة أو غير متفرعة، قد تكون غدية Glandular أو غير غدية Nonglandular. وتتركب الشعرة من قدم منغمس في البشرة وجسم يعلو السطح الذي تنمو عليه. والخلايا المحيطة بالقدم، تتميز أحيانا عما يجاورها من خلايا البشرة من الناحية المورفولوجية وتعرف بالخلايا المساعدة Subsidiary cells.

والجسم يتركب من عنق ورأس تمثل المنطقة المفرزة في الشعرة. وقد تتركب الرأس من خلية واحدة في ساق البلارجونيوم Pelargonium أو من بضع خلايا تكون مغطاة بأدمة



(شكل ٧٨): زوائد وغدد البشـــرة
(١ و ٢) شعور درعية. منظر سطحى (١) وجانبى، (٢) (٣) جزء من قطاع عرضى في ورقة نبات العبل يبين غدة عديدة الخلايا مفرزة للأملاح.
(٤ - ٧) شعرة لاذعة في نبات الحريق.
(٦) طرف الشعرة، (٧) شعرة بعد تكسر جزؤها الطرفى
(٨) غدة عديدة الخلايا، (٩) غدة افرازية عديدة الخلايا.

كما في اللافنـدر Lavendula وأوراق الدخان Nicotiana tabacum. وتفرز الرأس موادا متنوعة مثل الزيوت والصموغ والراتنجات. وقد تفرز عصارات هاضمة كما في أوراق النباتات آكلة الحشرات Insectiverous plants مثل ورد الشمس Drosera (شكل ٣٩). وقد تفرز أملاحا كما في نبات Limonium latifolium (شكل ٨٠) أو مواد مخاطية كما في نبات Rumex maximus أو رحيقا كما في نبات Abutilon وقد تعمل الشعرة كشغر مائى كما



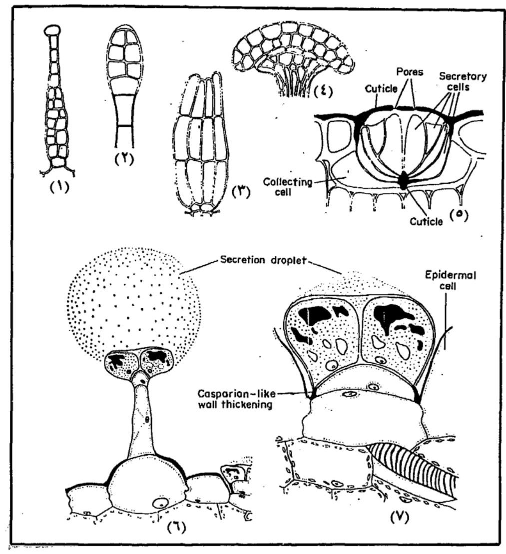
(شكل ٧٩): طرز أخرى مختلفة من زوائد البشرة
(١) شعرة مركبة (الميولين).
(٢) شعرة نجمية عديدة الخلايا يوضح منشأها من احدى خلايا البشرة.
(٣) منظر سطحى للشعرة النجمية.
(٤) شعور شاجية، (٥) شعرة حويصلية، (٦) شعور كللترات.

في نبات الحمص Cicer areitinum (شكل ٨٠).

ومن أمثلة الشعور عديدة الخلايا مايأتى:

١ ــ *الشعور النجمية* Stellate hairs : وهي شعور عديدة الخلايا متفرعة، وتتركب الشعرة من عنق قصير تحمل قمته أفرع وحيدة الخلية تقع في مستوى واحد (شكل ٧٩).

وقد يتركب الفرع من خليتين. وتوجد هذه الشعور في كثير من نباتات العائلة الخبازية Malvaceae وفي جنس البدليا Buddleja.



(شكل ٨٠): شعور افرازية (١ - ٤) يوضح تغلظات جدارية في الخلايا القاعدية
(١) شعرة مفرزة للرحيق (٢) شعرة تعمل كثغر مائى
(٣) شعرة مفرزة للمخاط (٤) غدة ذات عنق
(٥) غدة مفرزة للأملاح (٦) شعرة غدية معنقة
(٧) شعرة غدية غير معنقة
لاحظ المواد المفرزة وخلايا الافراز.

٢ ــ *شعــور متفرعة شجرية المظهر* Dendroid hairs : وهي شعور عديدة الخلايا، قائمة، كل منها ذات محور قائم عديد الخلايا تخرج منه عدة أفرع محيطية وحيدة الخلية أو ذات خليتين. هذه الشعور تشبه في تفرعها ساق خضرية تخرج من عقدها أفرع ثانوية

محيطية. ومن أمثلتها ذلك الذي يوجد على السطح السفلى لأوراق جنس الشنار Platanus وآذان الدب Verbascum (شكل ٧٩).

وتوجد شعور قائمة غير متفرعة تتركب الشعره من صف واحد عديد الخلايا، ومدببة الطرف كما في جنس القرع Cucurbita أو تنتهى برأس غدية وحيدة أو عديدة الخلايا كما في ورقة النبات التبغ Nicotiana.

(٢) الحراشيـــف SCALES

تعـرف أيضا باسم الشعور الدرعية Peltate hairs وهى عديدة الخلايا غدية أو غير غدية، تتركب الحرشفة من صفيحة قرصية الشكل من طبقة واحدة من الخلايا، تحمل على محور قصير. وقد تكون الصفيحة القرصية غدية كما في حشيشة الدينار Humulus أو غير غدية كما في الزيتون Olea.

(٣) الكلترات COLLETERS

زوائـد غدية مفـرزة للمادة الـلاصقـة، عديدة الخلايا، توجد على سطوح كثير من حراشيف البراعم والأذينات، وأوراق بعض الأجناس مثل عين الغزال Asculus وكاريا Carya وأذنات أوراق البانسيه Viola tricolor (شكل ٧٩).

وتتركب من عنق قصير عديد الخلايا ورأس عديدة الخلايا تقوم بافراز مواد لاصقة توجـد على الأوراق الحـرشفية للبراعم الشتـوية. وتجف الكلترات وتسقط حينما يتفتح البرعم وتكبر الأوراق.

(٤) الحويصلات المائية WATER VESICLES

زوائـد مستديرة الشكل تقريبا تشاهد على سطح البشرة في بعض النباتات، وتنشأ نتيجة لاتساع احدى خلايا البشرة (شكل ٧٩).

وتحتفظ الحويصلة المائية بالبروتوبلاست حيا. وتقوم هذه الحويصلات باختزان الماء، وقد تكون كثيرة وكبيرة فتظهر الأوراق والسيقان الحديثة في الصباح كانها مكسوة بكرات صغيرة من الثلج.

البريـــــدرم PERIDERM

الـبريدرم نسيج واق، ثانـوى المنشـأ، يقـوم بحـماية أنسجـة النبات الداخلية من الجفاف، وبعد تمزق البشرة Epidermis وأحيانا القشرة Cortex نتيجة للنمو الثانوى في جذور وسيقان معظم النباتات ذات الفلقتين وقليل من ذوات الفلقة الواحدة مثل جنس بندانوس Pendanus وانتوريوم Anthurium ومونسترا Monstera وجذور وريزومات أنواع جنس Strelitzia والدراسينا Dracaena.

ويتكـون الـبريدرم عادة تحت ندب الأوراق leaf scars والأفـرع ، وتحت الأنسجـة المجـروحـة ، في الجذور والسيقان ، وحتى الثمار كما في نبات الس ابوتا Achras zepota. ويتكـون البريدرم أيضا تحت البشرة في الحراشيف الخارجية للبراعم الشتوية في بعض الأشجار مثل البلوط Quercus وأبو فروة الحصان Aesculus. ونادرا يتكون البريدرم في أعناق الأوراق كما في أنواع من جنس الفيكس Ficus.

منشأ البريـــدرم

ينشـأ البريدرم عادة في السنة الأولى من نمو السيقان الخشبية والجذور. وقد يتأخر منشأ البريدرم لبضع سنوات في سيقان بعض النباتات مثل الاسفندان Acer campestre والكافور Eucalyptus والموالح Citrus والسنط Acacia. ويرجح تأخر تكوين البريدرم في هذه النباتات الى أن خلايا كل من البشرة والقشرة تظل محتفظة بقدرتها على الانقسام ، وتنقسم قطريا ، كما تتسـع الخـلايا الناتجة جانبيا ، وبذلك يزداد اتساع محيط كل منهما فتتمكنان من مواجهة الزيادة في قطر الساق.

في عدد قليل من النباتات مثل الدفلة Nerium oleander والتفاح Malus sylvestris والبلوط Quercus suber وبعض أنواع الصفصاف Salix ينشأ البريدرم في خلايا البشرة . وفي حالات أخرى ، ينشأ أول بريدرم في خلايا البشرة وتحت البشرة ، كما في سيقان نبات الليمون Citrus limon.

وخـلايا القشرة التي تلى البشرة مباشرة هى الموضع العادى لمنشأ البريدرم الأول في السيقـان. فمثلا في معظم سيقان ذوات الفلقتين مثل الحور Populus والجوز Juglans والمانوليا Magnolia والزيوفون Tilia ينشأ أول بريدرم في الطبقة التي تلى البشرة مباشرة . وقـد ينشـأ بريدرم في الطبقة الثانية أو الثالثة من القشرة كما في شجرة الجراد Robinia وجلديتشيا Gleditschia من العائلة البقولية leguminosae وقد ينشأ في بارنكيما اللحاء Phloem parenchyma كما في العنب Vitis والشاى Camellia وأنواع أخرى من العائلة القـرنفلية Caryophyllaceae. وفي الدرنات ينشأ البريدرم ، في الطبقات السطحية من جسم الدرنة كما في نبات البطاطس Solanum tuberosum.

ومـع هذا ، ففي بعض الحـالات ، مثلا ، قد ينشأ البريدرم الأول في خلايا القشرة الملاصقة للطبقة المحيطة كما في جذور Citrus sinensis أو مكان الاندودرمس Endoder-mis كما في جذور Delphinium.

ويتنوع منشأ البريدرم في العائلة البقولية ، فنادرا ينشأ في البشرة ، وكثيرا ينشأ في طبقة القشرة الأولى التي تلى البشرة ، أو من طبقة عميقة في القشرة ، وقد ينشأ في البريسيكل Pericycle.

وفي جذور ذوات الفلقتـين العشبية المعمرة، قد ينشأ البريدرم بين الخشب المتكون سنويا بالاضافة الى البريدرم التي تتكون في الطبقة المحيطة. هذا النوع من البريدرمات يقلل من الجفاف والاصابة بالأمراض وبذلك تمنح النبات الفرصية ليعيش ويبقى.

وقـد يبقى الـبريدرم الأول طوال حياة النبات كما في الزان Fagus sylvatica وشجرة التامول Betula. وفي معظم النباتات الخشبية، تكون فترة نشاط الكامبيوم الفلينى الذي ينشـأ أولا في السـاق قصيرة يتوقف بعدها نشاطها متحولا الى فلين. وباستمرار زيادة الساق في السمك تتكون طبقات بريدرم أخرى متعاقبة في مناطق أعمق فأعمق في قشرة الساق حتى تتكون أحيانا في بارنكيما اللحاء الثانوى.

تركـيب البـريـدرم

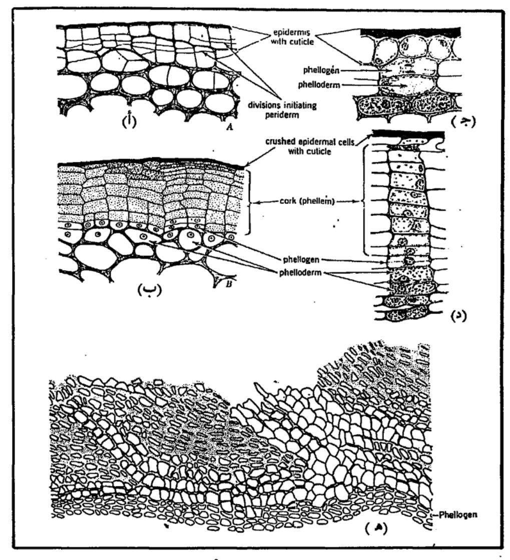
يتركب البريدرم عادة من ثلاث طبقات (شكل ٨١). الطبقة الوسطى هى الطبقة المنشئة الخلوية، وخلاياها مرستيمية تسمى الكامبيوم الفلينى، والطبقة الخارجية، تنشأ عن المشتقات الخلوية لبدايات الكامبيوم الفلينى تعرف بالفلين. أما الطبقة المتكونة الى الداخل تعرف بالقشرة الثانوية.

الكامبـيوم الفلـينـى Phellogen or Cork Cambium

وهـو مرستيم جانبى ثانـوى ينشـا من خلايا بارنكيمية حية بالغـة تستأنف صفاتها المـرستيمية مكونة طبقة منشئة من صف من الخلايا. ينشأ الكامبيوم الفلينى في نسيج البشرة أو القشرة أو أى نسيج بارنكيمى آخر حيث تتوفر الخلايا الحية لتنشأ طبقة جديدة من خلايا منشئة مثل اللحاء.

ويتميز الكـامبيوم الفلينى ببسـاطة تركيبه، فهو عبارة عن صف من نوع واحد من بدايات رقيقـة الجـدر ذات فجـوات مختلفـة الاتساع، وقد تحتوى على نشا أو دباغ أو بلاستيدات خضراء. وفي القـطاعـات العـرضية، تشـاهـد خلايا الكـامبيوم الفلينى مستطيلة الشكل منبسطة، بينما في القطاعات المماسية تظهر الخلايا متعددة الأضلاع أو غير منتظمة الشكل. ومهما كان موضع الكامبيوم الفلينى في جسم النبات، فانه يتألف من طبقـة من صف واحـد من البدايات الخلوية كما في عصفور الجنة Fraxinus ونادرا يتألف من منطقة من بضعة صفوف كما في شجرة السماء Alianthus altissima. وعموما، يختلف اتساع طبقة الكامبيوم الفلينى قطريا ومحيطيا باختلاف نوع النبات وعمره.

وبعـد تكـوين طبقة الكامبيوم الفلينى، تحدث انقسامات مماسية متوالية في الخلايا وكذلك انقسامات قطرية بدرجة أقل. ولايعطى هذا الكامبيوم أنسجة وعائية معقدة كما هو الحال في الكامبيوم الوعائى، فالانقسامات المماسية في بداياته تؤدى الى تكوين خلايا



(شكل ٨١): قطاعات عرضية توضح أصل البريدرم وتركيبه.
(أوب) جزءا في البشرة وآخر تحت البشرة في ساق نبات الكمثرى
(ج و د) جزء تحت البشرة في نبات البرقوق.
(هـ) جزء من قطاع عرضي في ساق نبات النشمة يوضح خلايا الفلين الرفيعة والسميكة الجدر، يجاورها من الداخل خلايا الكامبيوم الفلينى.

فلين الى الخارج وخلايا قشرة ثانوية بارنكيمية الى الداخل.

والانقسامات القطرية تؤدى الى زيادة عدد خلاياها جانبيا وبالتالي زيادة طول محيطة فيتمكن من مسايرة الزيادة في محيط الساق التي تحدث نتيجة للنمو الثانوى.

والخلايا الناتجة عن الانقسامات المماسية في خلايا الكامبيوم الوعائى تكون مرتبة في

صفـوف قطرية . ولايتم تكوين الكامبيوم الفلينى وبداية نشاطه الا بعد ابتداء نشاط الكامبيوم الوعائى .

القشـــرة الثـانويـة Phelloderm

خلايا القشرة الثانوية حية ، تشبه في شكلها العام وتركيبها الخلايا البارنكيمية للقشرة العادية غير أنها تترتب في صفوف قطرية ، وقد تظهر بها بعض المسافات البينية . جدر الخلايا رقيقة وأحيانا تزداد في السمك . قد تحتوى الخلايا على بلاستيدات خضراء نشطة في البنـاء الضـوئى ، كما في أنـواع جنس الحـور Populus وقد توجد بها اسكلريدات . وتتألف القشرة الثانوية من صف واحد من الخلايا ، وقد يصل سمكها الى ثلاثة صفوف واحيانا أكثر . في بعض النباتات لاتتكون خلايا قشرة ثانوية وينحصر نشاط الكامبيوم الفلينى في تكوين نسيج الفلين فقط .

الفليـــــن Phellem or Cork

وهـو النسيج الـواقى الخارجى الذي يتكون عن نشاط المشتقات الخلوية لبدايات الكامبيوم الفلينى ، وهو نسيج متصل يتألف من صفوف قطرية من الخلايا ، كل صف منها هو نتاج بداية من خلايا الكامبيوم الفلينى . ويتميز نسيج الفلين بان خلاياها محكمة الـترتيب فلا توجـد بينهـا مسـافـات بينية . وخلايا الفلين الناضجة ميتة ، متشابهة في الشكـل ، متعـددة الأضـلاع في القـطاعـات المماسية ، جدرها القطرية أقل طول من المماسية ، ولهذا فهى قصيرة في الاتجاه القطرى . وتتفاوت جدر خلايا الفين في السمك ، فقد تكون رفيعة أو سميكة وتبدو خالية من النقر . وتتميز جدر خلايا الفلين بانها مسوبرة وأحيانـا تكون ملجننة . تترسب طبقة السوبرين Suberin على الجدار الابتدائى وتنشأ عليها طبقة من السليلوز تجاه تجويف الخلية ، وقد تصبح هذه الأخيرة ملجننة .

جدر خلايا الفلين تحتـوى أحيانا على بلورات منشورية من اكسالات الكالسيوم . وجود السوبرين في جدر خلايا الفلين يجعلها غير منفذة للماء والغازات . أحيانا ، تكون جدر خلايا الفلين ملونـة بنية أو صفـراء وأحيانا أخرى غير ملونة . قد تحتوى تجاويف الخلايا على دباغ Tannins أو مواد راتنجية Resins وأحيانا تمتلىء بالهواء .

في كثـير من النبـاتـات ، يحتـوى نسيج الفلين على خلايا ميتة ، متطاولة في الاتجاه القطرى تسمى خلايا شبيهة الفلين phelloid. جدر هذه الخلايا غير مسوبرة ، ملجننة عادة ورفيعة ، ولاتوجد بين الخلايا مسافات بينية . ونادرا توجد اسكلريدات أو خلايا تحتوى على بلورات في نسيج الفلين .

ويختلف عدد صفوف خلايا الفلين التي تتكون خلال عام واحد بين خليتين وخمس

خلايا، وقد تزيد عن ذلك تبعا لنوع النبات. وهذا العدد أقل مما يتكون من خلايا القشرة الثانوية. وبصفة عامة، يتكون من خلايا الفلين أضعاف ماينشأ من خلايا القشرة الثانوية.

وظيفة البريـــدرم

يقوم البريدرم بحماية الأنسجة الداخلية من الجفاف بواسطة خلايا الفلين، بالاضافة الى أن هذه الخلايا ذات الجدر المسوبرة والاتصال المحكم بينها وعدم وجود مسافات بينية بينها تجعل من الفلين نسيجا مدعما لعضو النبات. كما تقوم خلايا الفلين الممتلئة بالهواء بحفظ درجة حرارة الكامبيوم الفلينى والجسم ثابتة، ويمنع الفلين دخول الكائنات الدقيقة المختلفة الى الأنسجة الحية الداخلية، ويقيها من الأضرار الميكانيكية. والبريدرم الذي يتكون على السطوح الخارجية لحراشيف البراعم تحمى هذه الحراشيف والأنسجة الرهيفة للبرعم التي تغلفها الحراشيف.

وبالاضافة الى ماتقدم، فان البريدرم تحمى الجروح من الاصابة بالكائنات الدقيقة وتساعد في التئامها. وتقوم طبقة البريدرم بوظيفة البشرة المكونة في الدرنات مثل البطاطس وبعض الثمار مثل الكمثرى والتفاح وثمار شجرة السابوتا Achras zapota حيث تتكون طبقة فلينية تكسب الثمرة ملمسا خشنا.

الرايتيدوم RHYTIDOME

في معظم النباتات الخشبية، لايعيش الكامبيوم الأول طويلا، حيث يتوقف نشاطه بعد فترة قصيرة ويتحول الى طبقة من الفلين. وباستمرار النمو الثانوى تتكون طبقات بريدرم جديدة، الواحدة بعد الأخرى، في مناطق أعمق فأعمق في قشرة الساق حتى اللحاء الابتدائى وقد يصبح تكون البريدرم في بارنكيما اللحاء الثانوى.

وبتكوين كل طبقة من طبقات البريدرم المتتالية، ينقطع الماء والغذاء عن الأنسجة الخارجية وتموت خلاياها وبذلك تتكون منطقة خارجية من أنسجة ميتة، خارج أحدث طبقة من الكامبيوم الفلينى، تضم القشرة الميتة والفلين واللحاء الابتدائى الميت، وقد تشمل جزء من اللحاء الثانوى. هذه الأنسجة الميتة تسمى مجتمعة الرايتيدوم Rhytidome التي كثيرا مايطلق عليها اسم القلف الخارجى Outer bark وهى متميزة بصفة خاصة في السيقان والجذور المسنة للأشجار.

البوليــدرم Polyderm

وهو نسيج حماية من نوع خاص يوجد في الجذور والسيقان الأرضية لنباتات بعض العائلات النباتية مثل الوردية Rosaceae والآسية Myrtaceae وهو عبارة عن بريدرم

متخصص في تخزين الغذاء. يتألف هذا النسيج من طبقات خلوية متبادلة مع بعضها، والخارجية خلايا مسوبرة.

وطبقـات الخـلايا المسوبرة سمكها خلية واحدة بينها غير المسوبرة يبلغ سمكها عدة خلايا. قد يصبح سمك البوليدرم حوالى ٢٠ طبقة أو أكثر. خلايا الطبقات الخارجية تكـون ميتـة، أمـا الأخـرى فتكـون خلاياها حية تقوم بتخزين الغذاء. ونظرا لتعدد الطبقات التي يتكون منها البوليدرم فانه يمكن أن يطلق عليها مصطلح القشرة المتضاعفة.

نبات بلوط الفلين QUERCUS SUBER

ينتج معظم الفلين المستخدم عالميا من أشجار نبات بلوط الفلين. والفلين التجارى خفيف الوزن، مرن، يقاوم الضغط وهو عازل ممتاز للحرارة ولاينفذ السوائل، ويقاوم الأحماض والمذيبات العضوية.

ويحصل على الفلين من جذع أشجار بلوط الفلين ومن أفرعها السميكة حينما يبلغ عمر الشجرة حوالى ٢٠ عاما.

وينشـأ الكامبيوم الفلينى الأول في شجر بلوط الفلين في خلايا البشرة، وينتج عنه عدة صفـوف من الفلين وصفـوف قليلة من القشرة الثانوية. نشاط الكامبيوم الفلينى يكـون موسميا، وخـلايا الفلين التي تتكـون في الربيع والصيف تكون متطاولة قطريا وجدرها رقيقة، والخلايا التي تتكون في الخريف تكون قصيرة قطريا وجدرها سميكة.

وحينما يبلغ عمر الشجرة حوالى ١٢-١٥ سنة، تنزع طبقة البريدرم الأولى ميكانيكيا بشق الفلين رأسيا وفصلها عن القشرة الثانوية، والتي تمثل الجزء الداخلى من البريدرم. نتيجة لذلك، تتكون طبقة كامبيوم فلينى على بعد ١-٢ ملليمتر تحت السطح المنزوع داخل القشرة. هذا الكامبيوم الفلينى الجديد يكون أكثر نشاطا من الكامبيوم الفلينى الخاص بالطبقة الأولى المنزوعة، وينتج كميات أكبر من الفلين. هذا الفلين أفضل في التجارة من الفلين الأول الذي يكاد يكون عديم الفائدة تجاريا.

وبعد انقضاء تسعة أو عشرة أعوام، تكون طبقة الفلين قد نضجت وأصبحت ذات قيمة تجارية يبلغ سمكها حوالى ثلاث سنتيمترات، فيجرى إزالتها. يستمر إزالة طبقات الفلين من نفس الشجرة كل حوالى عشر سنوات.

وبـاستمـرار إزالـة الفلين المتكـون، يتكـون الكـامبيوم الفلينى بين فترة وأخرى، والـواحـدة تلو الآخر في مناطق على أعماق متزايدة في الساق حتى يصل في النهاية الى اللحاء الخارجى. والعديسات، حينما ينضج الفلين، تظهر في القطاعات العرضية في

صورة كتل دقيقة اسطوانية الشكل غير منتظمة ذات لون بنى ، تترتب عموديا على اتجاه طبقات الفلين المتكونة سنويا .

الطبقات الواقية في ذوات الفلقة الواحدة

PROTECTIVE LAYERS IN MONOCOTYLEDONS

يتكـون نادرا في النباتات ذوات الفلقة الواحدة بزيدرم يشبه نظيره الذي يتكون في ذوات الفلقتين . ففي النباتات العشبية ذات الفلقة الواحدة فان البشرة بما يكسوها من أدمـة ، بالاضـافـة الى جدرهـا المكـونـة ، تبقى الطبقة الواقية الوحيدة . حينما تتمزق البشرة ، تصبـح طبقـة الخلايا البارنكيمية التي تقع تحتها نسيجا للوقاية حيث تترسب صفيحـة من السـوبـرين على جدرها السليلوزية . هذا التحول يكون شائعا في جدر الخلايا في النباتات التابعة للعائلة النجيلية Poaceae والسمارية Juncaceae وعائلة نبات البردى Typhaceae.

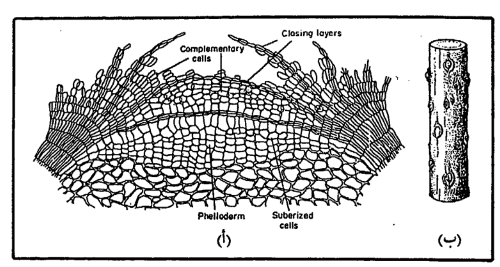
في ذوات الفلقة الواحدة ، التي يحدث فيها نمو ثانوى ملحوظ مثل الدراسينا Dracaena واليوكـا Yucca ينشـأ نسيج وقـاية من نوع خاص يتكون عن الانقسامات المتتالية للخلايا البارنكيمية في القشرة الابتدائية وتسوبر جدرها السليلوزية ، ثم تكشفها الى خلايا فلين . هذه الخلايا تكون في خط متقطع غير منتظم وتحدث فيها انقسامات مماسية Periclinical فيتكون عن كل خلية عدد محدود من الخلايا يتراوح بين ٤ـ٨ خلية مرتبة في صف قطرى واحد . وتختلف هذه الخلايا في الشكل والحجم ، ويدل ترتيبها على منشأها من خلية واحدة . يتضح من ذلك أن الفلين قد تكون بدون تكوين طبقة منشئة أى الكامبيوم الفلينى . ويطلق على هذه الطبقة الواقية اسم الفلين المصفوف Storied cork نظرا لأن صفوف الخلايا تنشأ عنها أشرطة مماسية من الفلين تشاهد مرتبة في طبقات في القطاعات العرضية ، كما أنها غير منتظمة الحدود أو الاتساع وتحصر فيما بينها مناطق من خلايا بارنكيمية غير منقسمة جدرها غير مسوبرة .

وتتكون طبقات أخرى من الفلين المصفوف في مناطق تتدرج في العمق لنسيج القشرة غير أن حوافها لاتتلاقى معا ، وتتداخل معها خلايا بارنكيمية ذات جدر غير مسوبرة .

العديســـــات LENTICELS

الغالبية العظمى من الأنواع التي تتكون فيها البريدرم يتكون فيها أيضا العديسات . وتكوين العديسات يسبق أو يحدث في نفس الوقت مع نشأة البريدرم .

والعديسات مناطق محددة متكشفة في البريدرم (شكل ٨٢) ، تتميز بخلايا المفككة ،



(شكل ٨٢): أ ــ عديسة ناضجة في نبات الكريز البرى. لاحظ النسيج المالئى والطبقات الغالقة في العديسة، والقشرة الثانوية.
ب ــ منظر سطحى لجزء من فرع نبات البيلسان يوضح العديسات.

تكثـر بينهـا المسـافـات البينية التي تتصل بنظيرتها الموجودة داخل الساق. ولهذا، فإن العديسات تعتبر ممرات لتبادل الغازات بين الأنسجة الداخلية للنبات والجو الخارجى، فهى بذلك تقوم بوظيفة الثغور.

ويقـوم الكامبيوم العديسى Lenticel phellogen بتكوين العديسات، ويمثل جزءا من الكامبيوم الفلينى، ويكون منخفضا قليلا عن مستواه.

وتتكون العديسات على السيقان غالبا تحت كل ثغر Stoma أو مجموعة من الثغور، وقـد تنشأ في مناطق من الساق خالية من الثغور. وتوجد العديسات أيضا على الجذور مرتبة عرضيا في أزواج؛ وواحدة منها على كل من جانبى فرع جذرى صغير. وفي الجذور الخـازنـة، تتكـون العـديسات في صفوف رأسية في مواقع الجذور الثانوية. كما توجد العديسات على سطوح بعض الثمار مثل التفاح Malus sylvestris والكمثرى Pyrus communis على هيئـة نقط واضحة (شكل ٨٢). وتشاهد العديسات على سطوح كثير من أغصـان الأشجـار والشجـيرات في صورة بقـع صغيرة ذات لون بنى، بارزة نوعا على السطح، مبعثرة بدون نظام أو مرتبة في صفوف رأسية أو أفقية. والعديسة ذات شكل عدسى ومنـه اشتق إسمهـا، وقـد تكـون العـديسـات كشقـوق ضيقـة طولهـا بضعة ملليمترات، وقد يصل طولها الى حوالى سنتيمتر أو بضعة سنتيمترات كما في التامول Betula وجنس Pyrus حيث تكون متطاولة أفقيا ويزيد طولها عن بضعة سنتيمترات بتقدم عمـر الشجرة لتساير الزيادة في محيط الساق. وفي بلوط الفلين Quercus suber ولسان

العصفور Fraxinus excelsior لاتتغير العديسات في الشكل أو الحجم تغيرا محسوسا.

ولاتتكون العديسات على سيقان النباتات التي ينسلخ عنها طبقات القلف الخارجى مثل العنب Vitis والتيكوما Tecoma وكليماتس Clematis ونظرا لاستمرار تكوين أنسجة جديدة تكون على اتصال مباشر بالهواء الخارجى.

منشـــأ العديسات

يختلف وقت نشوء العديسات من نبات الى آخر تبعا لاستدامة البشرة. وفي معظم النباتات تنشأ العديسات الأولى خلال الموسم الأول للنو، وأحيانا قبل أن تتوقف الساق عن النمو الابتدائى وقبل أن تتكون البريدرم. وقد تنشأ العديسات والبريدرم في وقت واحد مع انتهاء النمو الابتدائى. في بعض النباتات مثل التفاح Malus sylvestris تتجزأ العديسات الكبيرة الى عديسات أصغر بتكشف بريدرم عادية في العديسات الأصلية.

وعند تكوين العديسة في الساق، تنقسم الخلايا البارنكيمية التي تقع تحت الثغر Stoma أو مجموعة من الثغور في مستويات مختلفة فتتكون كتلة من نسيج خلاياه مستديرة، رقيقة الجدر مفككة، سرعان ماتزداد في الحجم وتفقد مابها من بروتوبلاست وبلاستيدات خضراء، وتصبح ميتة. وتحدث انقسامات متتالية في مناطق أعمق فأعمق في القشرة في اتجاه مماسى يتكون عنها مرستيم يسمى الكامبيوم الفلينى العديسى Lenticel phellogen يقوم بتكوين خلايا جديدة الى الخارج، وخلايا قشرة ثانوية الى الداخل. والخلايا المتكونة تكون غير مسوبرة.

والخلايا الناتجة عن انقسامات الخلايا البارنكيمية التي تقع تحت الثغور، وغيرها الناتجة الى الخارج بسبب نشاط الكامبيوم العديسى، يتكون عنها مجتمعة مايسمى بالنسيج المكمل Complimentary tissue. وبزيادة النسيج المكمل تتمزق البشرة في منطقة الثغور، فتتعرض خلاياه وتبرز فوق السطح.

ثم تموت الخلايا المعرضة وتسقط غير أنها تعوض بأخرى تنشأ من الكامبيوم الفلينى العديسى. وتشاهد البشرة ممزقة على جوانب العديسة. كما يتكون عن الكامبيوم الفلينى العديسى خلايا قشرة ثانوية غير مسوبرة الى الداخل، تكون أكثر مما يكونه الكامبيوم الفلينى. والكامبيوم الفلينى العديسى يمثل جزءا من الكامبيوم الفلينى في البريدرم غير أنه يبدو منخفضا عن مستواه.

والنسيج المكمل هو الذي يميز العديسة عن نسيج الفلين المحيط بها. ويتنوع ترتيب خلايا هذا النسيج في العديسات تبعا لنوع النبات. ففي ذوات الفلقتين، توجد ثلاثة طرز من العديسات هي :ـــ

١ ـ يوجـد هذا الـطراز في أجنـاس مختلفـة مثل الصفصاف Salix والحور Populus والكمثرى Pyrus والمانوليا Magnolia.
ويتركب النسيج المكمل من خلايا ذات جدر مسوبرة، محكمة التلاصق، لاتوجد بينها مسافات بينية.

وتتدرج خلايا النسيج المكمل من رقيقة الجدر مفككة نوعا تتكون في الربيع الى أخرى تتكون في الخريف تكون خلاياها أكثر سمكا وأكثر تلاصقا.

٢ ـ الـطراز الثـانى ويوجد في أجناس لسان العصفور Fraxinus والبلوط Quercus والزيزفون Tilia وأخرى غيرها، ويتألف النسيج المكمل من خلايا مفككة جدرها غير مسوبرة. في نهاية الموسم تتكون طبقة غالقة Closing layer من خلايا محكمة التلاصق ذات جدر مسوبرة. وخلال موسم النمو تتمزق الطبقة الغالقة بامتلاء العديسة بالنسيج المكمل، وفي نهايته تتكون الطبقة الغالقة مرة أخرى.

٣ ـ الطراز الثالث ويمثل أعلى درجات التخصص، ويوجد في أجناس التامول Be-tula والـزان Fagus وشجـرة الجراد Robinia. والنسيج المكمل عبارة عن بعض طبقات من نسيج مفكك خلاياه واسعة غير مسوبرة متبادلة مع أخرى ضيقة من نسيج متـماسـك خلاياه مسـوبـرة تتكون منها طبقات غالقة تمسك معا الخلايا المفككة. وتتمزق الطبقات الغالقة بالنمو الجديد في كل عام.

بقاء العديســـــات

كلما تعمق تكـوين الـبريدرم، تقوم أجزاء من الكامبيوم الفلينى بتكوين عديسات جديدة. والعديسات التي تنشأ في الطبقات العميقة من الساق، تقع تحت الشقوق التي تحدث في القلف الخـارجى وبـذلـك يمكن تبادل الغازات في النباتات التي تبقى فيها طبقات البريدرم السطحية، تبقى العديسات لبضع سنوات، وتستطيل حينئذ في الاتجاه المماسى لتساير زيادة محيط البريدرم الذي يتوافق مع النمو الثانوى من خلالها.

الفصل الثالث عشر

التراكيب الافرازية THE SECRETORY STRUCTURES

- التراكيب الافرازية الخارجية
- الشعور الغدية
- الغدد الرحيقية
- الغدد الهضمية
- الثغور المائية
- التراكيب الافرازية الداخلية
- الخلايا الافرازية
- التجاويف والقنوات الافرازية
- نسيج الحليب النباتي
- الحليب النباتي
- ترتيب تراكيب الحليب النباتي في جسم النبات

الفصل الثالث عشر
التراكيب الافرازيـــة
THE SECRETORY STRUCTURES

تنتج خلايا النبات مواد متنوعة نتيجة لعمليات التحول الغذائى ، كثير منها ينفصل عن بروتوبلاست الخلية وتترسب في خلايا غير حية أو فجوات الخلايا الحية أو في تجاويف أو قنوات. وظاهرة أنفصال مختلف المواد عن البروتوبلاست تعرف بالافراز.

بعض المواد المفرزة قد لايكون النبات بحاجة اليها مثل الراتنجات Resins والدباغ Tannins والبلورات Crystals والـزيوت العـطرية Essential oils أو تكـون لها وظيفـة فسيولـوجية خاصـة بعـد افـرازهـا مثـل الهرمونات Hormones والانزيمات Enzymes والفيتـامينـات Vitamins. جميع الـتراكيب التي تنتج مواد ذات فائدة للنبات يمكن أن تسمى التراكيب الافرازية Secretory structures أما التي تنتج مواد لم يعد النبات بحاجة اليها ويلزم التخلص منها تسمى التراكيب الاخراجية Excretory structures. ومع هذا، لايمكن وضـع حد فاصـل بين الافـراز Secretion الذي يتضمن انفصال مادة ما من الـبروتـوبـلاست، والاخراج Excretion الذي يتضمن فصل المواد التي يتخلص منها النبـات بعد تكونها نتيجة لعمليات التحول الغذائى ، وذلك لأن الدور الذي يقوم به عدد كبير من هذه المواد المفرزة غير معروف على وجه الدقة ، كما أن أكثر من مادة قد توجد في نفس الموضع المفرزة فيه .

والمواد المفرزة قد تبقى في الخلية التي أفرزتها، أو تخرج منها الى سطح النبات . والخلية الافرازية ، كبيرة غالبا ، وسيتوبلازمها غير ظاهر وفراغها كبير ممتلىء بالافراز، أما الخلية الأخراجية فتتميز بأن سيتوبلازمها محبب ونواتها واضحة .

التراكيب الافرازية الخارجية EXTERNAL SECRETORY STRUCTURES

تتميز هذه الـتراكيب بأن لخلايـهـا القدرة على افراز المواد الى خارج سطح النبات . أحيانا ، تنتقل المواد المفرزة الى أماكن محددة في جسم النبات حيث تتجمع فيها وتخزن .

وتختلف التراكيب الافرازية الخارجية في تركيبها ونوع المواد التي تنتجها. ومن هذه التراكيب الافرازية الخارجية مايأتى :-

١ ـ الشعور الغدية Glandular Hairs

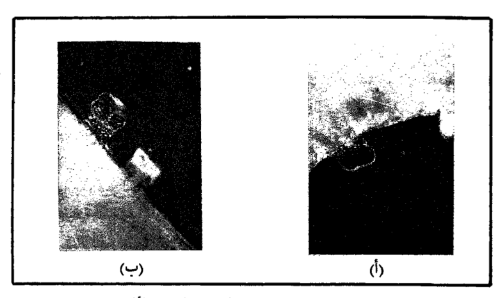
يحمل سطح النبات عددا من التراكيب الافرازية ينشأ بعضها من خلايا البشرة والبعض الآخر من مشتقات خلايا البشرة وخلايا أخرى من القشرة. وفي بعض الأوراق أو الأزهار، ومناطق معينة من البشرة، يتكون شعور غدية متنوعة في التركيب. وتكون الشعور ذات رأس غدية وحيدة أو عديدة الخلايا على عنق ضيق يتركب من صف واحد من الخلايا والكلترات Colleters ذات الرأس عديدة الخلايا، والحراشيف أو الشعور الدرعية Scales or peltate hairs.

وفي الشعور الغدية والحراشيف يتجمع الافراز بين جدار الخلية والأدمة، وفي النهاية تتمزق الأدمة وينطلق الافراز (شكل ٨٣). قد تتجدد الأدمة ويتكرر الافراز أو تتحطم الشعرة وتختفى. وفي حالة الكلترات وهى شائعة على حراشيف البراعم الشتوية كما في جنس أبو فروة الحصان Aesculus وجنس الورد Rosa وجنس Carya تفرز مواد لزجة لاصقة، فتتمزق الأدمة بتأثير هذه الافرازات دون ان تتسع. وتسقط الكلترات بتفتح البراعم واتساع الأوراق. وفي نبات البلادونا Atropa ينطلق الزيت العطرى من الشعور الغدية دون أن تنفصل الأدمة.

والخلايا الافرازية النشطة تتميز بكثافة البروتوبلاست، ونواتها الكبيرة ونقص الفجوات العصارية. وقد تتشكل الخلايا الافرازية في صورة تراكيب خاصة تسمى الغدد، تختلف في الوظيفة التي تؤديها. ولاتوجد حدود فاصلة بين الشعور الغدية والغدد. وتفرز الغدد الزهرية رحيقا Nectar سكرى الطعم، كما تفرز غددا اخرى أملاحا كما في أوراق نباتات البيئة الملحية Saline habitat وهناك أخرى في النباتات قاصنة الحشرات تفرز عصارات هاضمة أو مواد لزجة.

٢ ـ الغدد الرحيقية Nectaries

وهي تراكيب متخصصة تفرز رحيقا Nectar عبارة عن سائل سكرى الطعم يجذب الحشرات لاجراء عملية التلقيح. توجد هذه الغدد على الأجزاء الزهرية، السبلات Sepals والبتلات Petals والأسدية Stamens والكرابل Carpels أو التخت وتعرف بالغدد الرحيقية Floral nectaries. ونادرا توجد الغدد الرحيقية على القنابات أو غيرها من الأجزاء الخضرية مثل السيقان، والأوراق وأعناق الأوراق مثل Passiflora والأذنات مثل



(شكل ٨٣) شعيرات غدية في نبات البابونج الألمانى

أ ـ لاحظ انفصال الأدمة عن جدار الخلية حيث يتجمع الزيت الطيار
ب ـ لاحظ تمزق الأدمة وانطلاق الزيت الطيار

الفول Vicia faba وتسننات الورقة مثل Prunus حيث تعرف بالغدد الرحيقية غير الزهرية Extrafloral nectaries.

ويتنوع موضوع الغدد الرحيقية في أزهار مغطاة البذور، ففى أزهار النباتات ذوات الفلقتين، قد يفرز الرحيق بواسطة الجزء القاعدى من الأسدية كما في الشاى Camellia أو بواسطة غدة رحيقية على شكل تركيب حلقى تحت الأسدية كما في العائلة القرنفلية Caryophyllaceae وعائلة بنجر السكر Chenopodiaceae.

وفي بعض النباتات، تكون الغدة الرحيقية على شكل قرص عند قاعدة المبيض كما في عائلة نبات الشاى Theaceae والعائلة الباذنجانية Solanaceae. في العائلة الزيزفونية Tiliaceae تتركب الغـدد الرحيقية من شعور غدية عديدة الخلايا متزاحمة مكونة تركيبا يشبه الوسادة. في جنس الورد Rosa من العائلة الوردية Rosaceae توجد هذه الغدد بين الأسدية والمبيض، بينما في العائلة المركبة Asteraceae توجد في هيئة تركيب أنبوبى عند قمة المبيض يحيط بقاعدة القلم Style. في بعض الأجناس حشرية التلقيح من العائلة الشقيقية Ranunculaceae توجـد الغدد الرحيقية على قواعد البتلات أو يمثلها أسدية عقيمة محورة Staminodes.

وأحيانـا، توجـد غدد رحيقية منفصلة عنـد قواعـد الأسدية كما في الكتان Linum والجيرانيوم Geranium.

وفي ذوات الفلقة الواحدة، كثيرا توجد الغدد الرحيقية في حواجز المبايض متحدة الكرابل على شكل تجاويف أو جيوب تبطنها طبقة افرازية. اذا كانت الغدد عميقة في المبيض، تكون لها قنوات توصلها الى سطح المبيض كما في العائلة الزنبقية Liliaceae.

وقد يتركز نسيج الغدة الرحيقية الافرازى في طبقة البشرة. وخلايا البشرة الافرازية تتميز باحتوائها على سيتوبلازم كثيف، وقد يكون شكلها حلميا Papillate أو متطاولة مثل الخلايا العمادية Palisade cells. وفي كثير من الأحيان، تكون الخلايا الواقعة تحت البشرة افرازية، وهى كثيفة السيتوبلازم، محكمة التلاصق، ذات جدر رقيقة، ويغطى الغدة الرحيقية أدمة رقيقة.

ويوجد النسيج الوعائى للغدة الرحيقية قريبا من النسيج الافرازى. وفي بعض الأحيان، يكون النسيج الوعائى هو نفس النسيج المغذى للعضو الذي توجد به الغدد الرحيقية، وفي حالات أخرى، يكون جزءا خاصا بها. وتوجد علاقة بين تنوع النسيج الوعائى ونوع الرحيق المفرز. والغدة الرحيقية هى التي تفرز رحيقا نسبة السكر فيه مرتفعة، النسيج المغذى الوعائى يتركب من اللحاء فقط. وإذا كان النسيج الوعائى الموصل للغدة مكونا، في نهايته، من الخشب واللحاء، فإن الرحيق يكون منخفضا في نسبة السكر.

٣ ــ الغدد الهضمية Digestive Glands

في الغالبية العظمى من النباتات، افراز الإنزيمات عملية تقوم بها معظم الخلايا الحية، غير أنه في عدد قليل من النباتات تعرف باسم قانصة الحشرات Insectiverous plants توجد غدد خاصة تفرز انزيمات هاضمة لبروتين جسم الحشرة التي اقتنصتها حتى يستطيع النبات امتصاص نواتج الهضم والاستفادة منها. ففي جنس ورد الشمس Drosera توجد الغدد الافرازية عند قمم شعور غدية Tentacles مختلفة الطول على السطح العلوى للورقة، تقوم هذه الغدد بافراز مواد لزجة تلتصق بها الحشرة بالاضافة الى الانزيمات الهاضمة للأجزاء الرهيفة من جسمها. وفي جنس Nepenthes الذي تتحور فيه الورقة الى تركيب يشبه الجرة يكون ممتلئا جزئيا بسائل يحتوى على انزيات هاضمة من افراز غدد جالسة. وتقوم هذه الغدد أيضا بامتصاص نواتج الهضم من هذا السائل. وفي هذا النوع من النباتات يكون الهضم خارجيا Extracellular.

٤ ــ الثغور المائية Hydathodes

وهي مناطق متحورة توجد في كثير من النباتات يخرج منها الماء من داخل الورقة الى سطحها في الظروف التي يكون فيها النتح قليلا بينما الرطوبة في التربة تكون عالية.

توجد هذه الثغور المائية عند أطراف أوراق النباتات لاسيما النجيلية، وعند تسننات حافة الورقة. والماء الناتج يحتوى على أملاح متنوعة، وسكريات ومواد عضوية. وتعرف هذه العملية بالادماع Guttation.

والثغور المائية تشبه الثغور العادية من الناحية التركيبية، غير أن خلاياها الحارسة غير قادرة على الحركة، فهى مفتوحة باستمرار، ولهذا تعتبر فتحات يتسرب من خلالها الماء الزائد عن حاجة النبات في صورة قطرات تتجمع على سطح الورقة حيث تنتهى العروق. في كثير من مغطاة البذور، هذه الثغور تمدها بالماء حزمة وعائية من قصيبات تنتهى بمجموعة متجورة من خلايا بارنكيمية تسمى الخلايا الطلائية Epithelial cells يمر الماء من خلال مسافاتها البينية الى البشرة، وهى خلايا رقيقة الجدر، خالية من البلاستيدات الخضراء وتكثر بينها المسافات البينية. وأحيانا، لاتحتوى الثغور المائية على نسيج الخلايا الطلائية، فلاتزيد عن مجرد فتحات في البشرة، ويمر الماء اليها خلال خلايا النسيج المتوسط في الورقة: وقد يوجد فتحة أو أكثر في منطقة الثغر المائى كما في العائلة الخيمية Apiaceae والمركبة Asteraceae. وقد تحاط الخلايا الطلائية بغلاف من خلايا مسوبرة.

التراكيب الافرازية الداخلية INTERNAL SECRETORY STRUCTURES

التراكيب الافرازية الداخلية تأخذ صورا مختلفة منها الخلايا الافرازية، والتجاويف والقنوات حيث تحتوى على مواد متنوعة مثل الزيوت والراتنجات والدباغ.

١ ـ الخلايا الافرازية Secretory cells

خلايا متخصصة ومتميزة في نسيج خلاياه بارنكيمية، تحتوى على مواد متنوعة مثل الراتنجات والزيوت والدباغ والبلورات والصموغ وغيرها. وتعرف الخلايا الافرازية الداخلية باسم الخلايا الافرازية الغريبة Secretory Idioblasts اذا ما اختلفت تماما عن الخلايا المجاورة لها. وقد تكون الخلايا الافرازية متماثلة الأقطار أو تزداد في الطول وتصبح في صورة أكياس Sacs أو أنابيب Tubes وقد تكون متفرعة. وتوجد الخلايا الغريبة في أى جزء من النبات، خضرى أو تكاثرى.

٢ ـ التجاويف والقنوات الافرازية Cavities and Secretory Canals

تأخذ بعض التراكيب الافرازية الداخلية شكل تجاويف Cavities أو قنوات Canals or ducts داخل أنسجة النبات تنتج أما عن انفصال الخلايا Schizogenous spaces أو عن انقراضها Lysigenous spaces. تنشأ الانفصالية نتيجة لانفصال الخلايا بعد ذوبان الصفائح الوسطى، وتنقسم الخلايا المحيطة بالتجويف انقساما محيطيا فتنتج طبقة من

خلايا افـرازية تسمى الخـلايا الـطلائية Epithelial cells تحدد محيط التجويف، وهى خلايا بارنكيمية رقيقة الجدر ذات بروتوبلاست كثيف، مستطيلة في الاتجاه وتمتد موازية لمحـور التجـويف أو القنـاة. والتجـاويف والقنـوات الانقـراضية تنشـأ نتيجة لتكسر وانقـراض بعض الخـلايا تاركـة تجويفـا يكـون محاطـا ببقـايا الخلايا المحطمة. وهذه التجاويف والقنوات تحتوى على مواد متنوعة مثل الزيوت أو الراتنجات أو الصموغ وغيرها.

وتشاهد التجاويف الافرازية الانقراضية في جنس الموالح Citrus وجنس الكافور Eucalyptus والقـطن Gossypium. ويتكون الافراز في الخلايا التي تتكسر، وتطلق الى التجـويف النـاتـج عن تكسر وانقـراض خلاياه. في قشرة ثمار المـوالـح تمتلىء الفجوة الانقـراضية بالـزيت العطرى الذي يتكون في الخلايا قبل تكسرها. ويبدأ التكسر في بعض خلايا ثم يمتد الى الأخرى المجاورة.

والتجـاويف الأنفصالية قد تكون مستديرة كما في العائلة البقولية Leguminosae أو متـطاولة على شكل قناة كما في العائلة المركبة Asteraceae والخيمية Apiaceae. وتحتوى هذه التجاويف على راتنجات أو صموغ أو مواد مخاطية، بينما في العائلة المركبة As-teraceae تحتوى القنوات الانفصالية على مركبات راتنجية.

نسيج الحليب النباتى LATEX TISSUE

من أهم الصفات المميزة لعديد من النباتات مغطاة البذور احتواؤها على نسيج من خلايا متخصصـة يسمى نسيج الحليب النبـاتى يحتـوى على سائل معقد يعرف باسم الحليب النباتى Latex.

ويتركب هذا النسيج من نوعين من تراكيب الحليب النباتى Laticifers ؛ الأول عبارة عن خلايا مفردة والثاني أوعية أو قنوات عديدة الخلايا وفي كل من هذين النوعين فإن هذه التراكيب تكون عبارة عن أنابيب طويلة متفرعة. وتعرف الخلايا المفردة باسم قنوات الحليب النبـاتى غير المفصلية والثـانى بالقنـوات المفصلية أو أوعية الحليب النبـاتى. ويتكـون من هذه القنـوات جهـاز يخترق مختلف أنسجة النبات. ويتشابه نوعا قنوات الحليب النباتى في المحتويات، الا أنهما يختلفان في الشكل وفي التكوين بدرجة كبيرة.

ويبلغ عدد الأنواع التي تحتوى أجسامها على حليب نباتى حوالى ١٢٥٠٠ نوع من مغطاة البذور. ويتفاوت حجم هذه النباتات من نباتات عشبية حولية الى أخرى أشجار كبيرة مثل أشجار المطاط.

١ - قنوات الحليب النباتي غير المفصلية Non-Articulated Laticifers

تنشأ القناة غير المفصلية في جسم النبات كخلية مفردة انشائية في جنين البذرة، ويستمر طرفها في النمو متغلغلا بين الخلايا الجديدة في جسم البادرة حتى جسم النبات الكامل حيث يتوغل فيه ويتفرع مخترقا الأنسجة الجديدة التي يكونها المرستيم القمى، مكونا، تراكيب تشبه الأنابيب. ويوجد نوعان من هذه التراكيب الأنبوبية، غير متفرعة Unbranched ومتفرعة Branched.

أ - *القنوات المفصلية غير المتفرعة* Non-Articulated Unbranched Laticifers

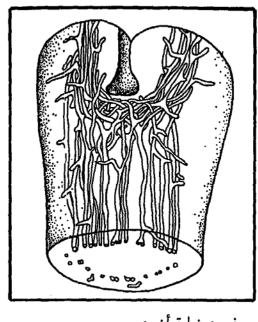
توجد في جنس الونكة Vinca minor من العائلة الأبوسينية Apocynaceae وفي لحاء نبات القنب Cannabis من العائلة Cannabinaceae والحريق Urtica من العائلة الحريقية Urticaceae. وتظهر القناة غير المتفرعة في صورة أنبوبة طويلة غير متفرعة قد تمتد الى مسافة ليست قصيرة في الساق. والقنوات غير المفصلية وغير المتفرعة توجد بداياتها في الساق، وليست في جنين البذرة، كما في الونكة Vinca والقنب Cannabis حيث تنشأ هذه البدايات تحت المرستيم القمى، وتستطيل تدريجيا خلال الساق النامى في صورة أنبوبة غير متفرعة بالنمو التوغلي والتوافقى.

وقد تنشأ هذه القنوات في الأوراق مستقلة عن نظيرتها في الساق. وتنشأ بدايات جديدة باستمرار تحت المرستيم القمى كل منها يتكون عنه أنبوبة حليب نباتى غير متفرعة.

ب - *القنوات غير المفصلية المتفرعة* Non-Articulated Branched Laticifers

توجد في جنس Euphorbia من العائلة السوسبية Euphorbiaceae وجنس العشار Asclepias من العائلة العشارية Asclepiadaceae وجنس الدفلة Nerium من العائلة Apocynaceae (شكل ٨٤) وجنس Ficus من العائلة التوتية Moraceae. في هذا النوع تنشأ بضع بدايات خلوية Primordial laticifers مرتبة في صف طولى غير أن جدرها الطرفية تكون موجودة. وتتفرع الخلية المنشئة بداخل جسم الجنين وتستمر في النمو والتفرع متغلغلة في البادرة حتى جسم النبات الكامل فتصبح في صورة جهاز ضخم من أنابيب متفرعة داخل أنسجة النبات. هذه الصورة من التركيب لاتحدث عن طريق نمو الخلايا المفردة، وانما باضافة بدايات مرستيمية جديدة تتكشف الى عناصر حليب نباتى تضاف الى الموجودة فعلا.

وهذه القنوات ذات جدر سليلوزية ناعمة تبطنها طبقة رقيقة من السيتوبلازم تحتوى على كثير من الأنوية، ولهذا فهى مدمج خلوى Coenocyte. ويوجد الحليب النباتى محل



(شكل ٨٤): تراكيب اللبن النباتي في العقـدة الفلقيـة لجنين ناضج في بذرة نبات الدفلة.

العصير الخلوى ولاتلتحم فروع أى خلية مع فروع خلية أخرى.

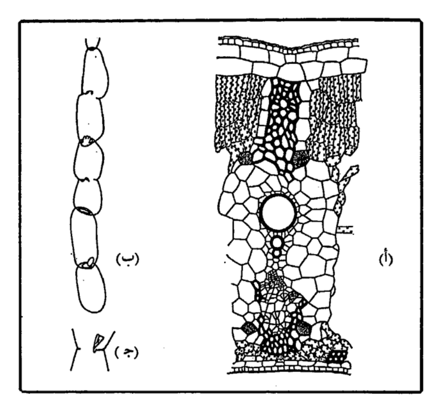
٢ ــ قنوات الحليب النباتى المفصلية Articulated Laticifes

تختلف هذه القنـوات عن غير المفصلية، في أنها منذ نشأتها تكون عديدة الخلايا. والقنـاة المفصلية عبـارة عن سلسلة طويلة من الخـلايا، والجـدر الفاصلة بين الخلايا وبعضهـا البعض قد تلاشت جزئيا أو كليا، فأصبحت أنبـوبية الشكـل. تماثـل هذه الأنابيب في صورتها أوعية الخشب في مغطاة البذور، غير أنها حية، وتمثل مدمج خلوى. وكثيرا يعرف هذا النوع بأوعية الحليب النباتى Latex vessels.

فـي بعض النباتـات مثل جنس البصـل Allium وجنـس Achras والمـوز Musa (شكل ٨٥) والبطاطـا Ipomoea تكون قنـوات الحليب النباتى المفصليـة عبارة عن سلاسل طويلة تمتد طوليا في جسم النبات غير متصلة ببعضها البعض جانبيا. ويسمى هذا الطراز بقنوات الحليب النباتى المفصلية غير المتشابكة Articulated nonanas-tomosing laticifers.

وإذا كانت القنوات ممتدة جانبيا ومتباعدة عن بعضها، تحولت بعض الخلايا البارنكيمية الواقعة فيها بينها الى وصلات حليب نباتى تصل الأوعية بعضها ببعض بعد أن تمتص الجـدر الفـاصلة بينها. ونتيجة لذلك، يتكون جهاز متفرع من أوعية الحليب النباتى المفصلية المتشابكة Articulated anastomosing laticifers.

ويوجد هذا الطراز في العائلة المركبة Asteraceae مثل جنس الخس lactuca وعائلة نبات الباباظ Caricaceae مثل الباباظ Carica papaya والخشخاشية Papaveraceae مثل



(شكل ٨٥): أ ـ جزء من قطاع عرضى في ورقة يوضح تراكيب اللبن النباتي المصاحبة للحزم الوعائية.
(ب، ج) رسم تخطيطي لجزء من وعاء لبن نباتي في الموز يوضح الثقوب في الجدر الفاصلة بين الخلايا.

جنس الخشخاش Papaver والعائلة السوسبية Euphorbiaceae مثل جنس هيفيا Hevea. وقد تتلاقى بعض الأوعية معا، وحينئذ تصبح مناطق التلاقى مثقبة كما في جنس هيفيا.

وتتميز أوعية الحليب النباتى بعدم انتظام جدرها في السمك ووجود بروزات في مواضع كثيرة منها، هذا بالاضافة الى الوصلات الممتدة بين مناطق عديدة فيها.

والجدر السليلوزية غير ملجننة، والسيتوبلازم رقيق يحتوى على أنوية عديدة، والحليب النباتى يملىء الفجوة العصارية.

وقد يوجد الطرازان، المفصلى وغير المفصلى، في نباتات عائلة واحدة. فمثلا، يوجد النوع غير المفصلى في جنس Euphorbia بينما المفصلى في جنس Hevea وهما من العائلة السوسبية Euphorbiaceae. ونادرا، يوجد النوعان معا في جسم النبات الواحد كما في بعض نباتات العائلة العشارية Asclepiadaceae.

الحليب النباتى LATEX

الحليب النباتى سائل لزج نوعا به مواد مختلفة في حالة ذائبة أو غروية أو صلبة، وأهمها السكريات والنشا والبروتينات والزيوت. كما يحتوى على أحماض عضوية وأشباه قلويدات وصموغ وراتنجات وانزيمات وكاوتشوك. الحليب النباتى عادة أبيض اللون كما في ثمار الخشخاش Papaver ونبات بنت القنصل Euphorbia وأحيانا يكون بنى مائل للاصفرار كما في القنب Cannabis أو أصفر كما في شجرة الخطاطيف Chelidonium أو أحمر كما في ريزومات نبات عرق الدم Sanguinaria.

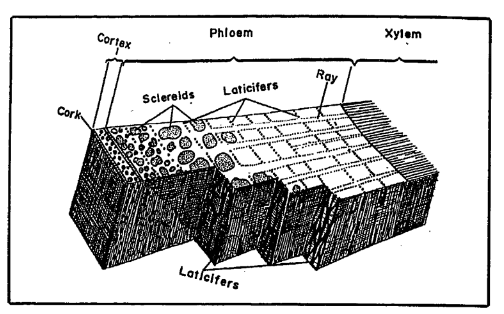
والحليب النباتى في التوت Morus والدفلة Nerium يكون رائقا. وفي نبات مطاط هيفيا Hevea brasilliensis هو المصدر الرئيسى للمطاط في العالم، وهى شجرة يتراوح ارتفاعها بين ٦٠-١٠٠ قدم وقطر الساق فيها حوالى ٨-١٠ أقدام، ويوجد منها أكثر من ثلاثمائة مليون شجرة. ويحتوى الحليب النباتى فيها على حوالى ٤٠-٥٠٪ من المطاط وينتج من هذا النوع حوالى ٩٥٪ من المطاط المستهلك عالميا.

ويتركب جهاز الحليب النباتى في مطاط هيفيا من أوعية حليب نباتى توجد في اللحاء الثانوى (شكل ٨٦). يقوم الكامبيوم الوعائى في الساق بتكوين اسطوانات متبادلة من أوعية الحليب النباتى واللحاء. وأوعية الحليب النباتى يتكون منها جهاز متشابك نتيجة لتكسر الجدر العرضية للخلايا التي تتكون منها الأنبوبة المفصلية.

ويحصل على مادة تسمى Chicle من الحليب النباتى لشجرة Achras sapota وهى المادة الرئيسية في صناعة اللادن. والحليب النباتى لثمرة البابابظ Carica papaya يحتوى على انزيم بابين Papain. والأفيون Opium عبارة عن الحليب النباتى المجفف للثمار غير الناضجة لنبات الخشخاش Papaver somniferum وتبلغ نسبته ١٠-٢٠٪. والحليب النباتى لجنس Euphorbia يكون غنيا بفيتامين B_1 وقد تكثر بلورات الأكسالات في الحليب النباتى. وتحتوى الجدر السميكة على السليلوز ونسبة مرتفعة من البكتين والهيمنسليلوزات.

ويوجد من الحليب النباتى أنواع حلوة لذيذة الطعم، يستفاد منها كبديل للبن الماشية في أمريكا الجنوبية. ويحتوى الحليب النباتى في جنس Euphorbia على حبيبات نشا ذات أشكال وحجوم مختلفة تكون دمبلية الشكل Dumb-bell shaped أو قضبان. وكثيرا مايوجد انزيم الدياستيز Diastase مع حبيبات النشا. وينطلق الحليب النباتى من تراكيبه اذا قطعت أو خدشت.

ولقد اتضح وجود الكالوز Callose في تراكيب الحليب النباتى. ووظيفة الحليب



(شكل ٨٦): رسم مجسم لجزء من قلف شجرة المطاط البرازيلي من جنس هيفيا يوضح تراكيب اللبن النباتي في اللحاء الثانوي.

النباتى بالنسبة للنبات غير معروفة على وجه الدقة، وأنه يفرز بواسطة التراكيب التي تحتوى عليه، ينتقل خلالها الى بقية أجزاء الجسم. أحيانا يكون الحليب النباتى ساما، يحدث التهابات في الجلد. والحليب النبات لشجرة Excoecaria والتي تسمى في الهند بالشجرة العمياء، زائد السمية لدرجة تؤدى الى العمى اذا سكب في العين، ويصبح الجلد كثير الخراريج اذا ماسقطت عليه.

ترتيب تراكيب الحليب النباتى في جسم النبات

تتوزع تراكيب الحليب النباتى غالبا في جميع أجزاء النبات، غير أنه أحيانا يتركز وجودها في أنسجة خاصة، وعادة تكون مرافقة لنسيج اللحاء. وتوجد تراكيب الحليب النباتى في الاجزاء الهوائية للنبات، كما توجد أيضا في الجذور.

(١) التراكيب غير المفصلية Non-Articulated Laticifers

أ - في جنس السوسب Euphorbia توجد الأنابيب الرئيسية لقنوات الحليب النباتى غير المفصلية المتفرعة Branched nonarticulated laticifers في الجزء الخارجى من الاسطوانة الوعائية، ومنها تمتد فروع الى القشرة Cortex وأحيانا النخاع. وأفرع القشرة تمتد حتى البشرة. الأفرع الصغيرة تكون أقل قطرا من الكبيرة الرئيسية. في بعض أنواع العائلة العشارية Asclepiadaceae والتوتية Moraceae توجد هذه التراكيب في مختلف

الأنسجة بما فيها الوعائية. في الأوراق، توجد التراكيب غير المفصلية المتفرعة مرافقة للحزم الوعائية وتتفرع في النسيج المتوسط للورقة، وقد تتوغل بين خلايا البشرة، وقد تصل حتى سطح الخلايا تحت الأدمة.

ب ـ القنوات غير المفصلية غير المتفرعة Unbranched nonarticulated laticifers وتوجد في اللحاء الابتدائي Primary phloem كما في الونكة Vinca والقنب Cannabis.

(٢) التراكيب المفصلية Articulated Laticifers

يتنوع نظام ترتيب القنوات المفصلية، وأحيانا تكون مصاحبة للحاء في الجسم الابتدائي للنبات. في مجموعة Cichorieae من العائلة المركبة Asteraceae جميع أزهارها شعاعية Ligulate flowers توجد قنوات الحليب النباتي المفصلية المتشابكة على الحدود الخارجية للحاء وفي اللحاء نفسه. في الأنواع ذات اللحاء الداخلي توجد قنوات الحليب النباتي مصاحبة له. القنوات الخارجية والداخلية تتصل معا عن طريق وصلات تمتد خلال المناطق بين الحزم الوعائية.

في عائلات أخرى، يتماثل توزيع القنوات المفصلية كما في حالة Cichorieae. فمثلا، في عائلة البابابظ Caricaceae توجد هذه القنوات في كل من اللحاء والخشب. وفي جنس Hevea توجد القنوات المفصلية في اللحاء الثانوي، وهي جهاز ثانوي المنشأ. وفي جنس الخشخاش Papaver توجد القنوات أيضا في اللحاء.

في ذوات الفلقة الواحدة، قنوات الحليب النباتي في الموز Musa تكون مرتبطة بالأنسجة الوعائية، وكذلك في القشرة. وفي جنس Allium توجد القنوات قريبة من السطح العلوي للأوراق أو الحراشيف Scales فيما بين الطبقة الثانية والثالثة للبارنكيما. والوحدة التركيبية لقناة الحليب النباتي في البصل تكون متطاولة بشكل ملحوظ، والجدر النهائية ليست مثقبة وانما توجد عليها رقعات نقرية واضحة.

في الأوراق، القنوات المفصلية تصاحب الحزم الوعائية في مجموعة Cichorieae وتتفرع في النسيج المتوسط حتى تصل إلى البشرة. وشعور البشرة الموجودة على قنابات القلافة Involucre تصبح متصلة مباشرة بالقنوات المفصلية نتيجة لتكسر الجدر الفاصلة، ولهذا يخرج الحليب النباتي من هذه الشعور اذا تحطمت.

الفصل الرابع عشر

التركيب الداخلي لأعضاء النبات الزهرى

- التركيب الابتدائي للجذر
- منشأ الجذور الجانبية
- منشأ الجذور العرضية
- تكوين البراعم على الجذور
- النمو الثانوي في الجذور
- الجذور التي لايحدث فيها نمو ثانوى
- الجذور ذات النمو الثانوي
- التحول الوعائي بين الجذر والساق

الفصل الرابع عشر
التركيب الداخلى لأعضاء النبات الزهرى

يتركب جسم النبات الزهرى من أنواع مختلفة من الأنسجة، يمكن أن تضم في ثلاث وحدات نسيجية كبرى تسمى الأجهزة النسيجية Tissue systems.

وتشمل هذه الأجهزة النسيجية مايأتى :-

(١) **الجهاز النسيجى الضام** Dermal Tissue System ويشمل البشرة التي تحيط بجميع أعضاء الجسم الابتدائى للنبات. وفي أعضاء النبات التي يحدث فيها نمو ثانوى، يقوم البريدرم periderm بوظيفة الحماية بدلا من البشرة.

(٢) **الجهاز النسيجى الأساسى** Ground Tissue System ويشمل جميع الأنسجة التي تتكون منها أرضية أعضاء النبات المختلفة ممثلة في القشرة Cortex والنخاع Pith والنسيج المتوسط في الورقة Mesophyll. ويعتبر النسيج البارنكيمى Parenchyma أكثر أنواع الأنسجة شيوعا في الجهاز النسيجى الأساسى، وكثيرا يشترك معه النسيج الكولنكيمى Collenchyma أو الاسكلرنكيمى Sclerenchyma أو كليهما. وقد توجد بهذا الجهاز النسيجى خلايا افرازية.

(٣) **الجهاز النسيجى الوعائى** Vascular Tissue System ويحتوى هذا الجهاز النسيجى على نسيج الخشب Xylem ونسيج اللحاء Phloem. ويقترن النسيجان معا في جميع أعضاء النبات ويشتركان في القيام بوظيفة النقل؛ الأول للماء والثانى للغذاء.

وتتوزع الأنسجة المختلفة في أعضاء النبات طبقا لطرق معينة تتوقف على عضو النبات أو مجموعته النباتية أو كليهما. وتتشابه هذه الطرز، أساسيا في أن النسيج الوعائى يكون مطمورا في النسيج الأساسي، وأن النسيج الضام يتكون منه الغطاء الخارجى لعضو النبات.

والاختلافات الرئيسية في الطرز تتوقف على التوزيع النسبى للأنسجة الوعائية

والأساسية . ففي النباتات ذوات الفلقتين مثلا ، يوجد النسيج الوعائى للساق في صورة حزم وعـائية Vascular bundles أو اسـطوانـة وعـائية مجوفـة يتوسطها نخاع من نسيج أساسى ، ويوجد مقدار آخر منه بين الاسطوانة الوعائية والبشرة .

وفي الورقـة ، يوجـد النسيـج الوعـائي فـي صـورة جهـاز متشـابك تكسـوه البشـرة علـى كـل مـن السطحين .

في جذور ذوات الفلقتين غالبا ، يكون النخاع غير موجود ، وبذلك يشغل الخشب الجزء المركزى للجذر ، واذا لم يوجد الخشب في مركز الجذر كما في ذوات الفلقة الواحدة ، شغل هذا المركز بالنخاع ، ويوجد الخشب على هيئة أشرطة منفصلة تتبادل في وضعها مـع الـلحـاء . توجـد الـقـشـرة Cortex بيـن الأنسجـة الـوعـائية Vascular tissues والبشـرة Epidermis.

التركيب الابتدائى للجذر PRIMARY STRUCTURE OF ROOT

ينشأ الجذر الابتدائى عن جذير Radicle جنين البذرة ، وتتكون عليه جذور جانبية من الـطبقة المحيطة Pericycle. يتنوع التركيب الداخلى لجذر النبات تبعا لنوع النبات ومناطق الجذر نفسه ووظيفته التخصصية .

ويعتبر التركيب الداخلى للجذر الابتدائى أبسط كثيرا من تركيب ساق نفس النبات . ويتضح ذلك في أن الجذر خال من الأوراق أو البراعم أو الأزهار ، ولاتوجد عليه ندب ورقية ، وغير متميز الى عقد وسلاميات .

وبالاضافة الى هذه الصفات ، فإن الجذر يتميز بوجود قلنسوة Root cap تحمى مرستيمه القمى ، ولاتوجد به ثغور . كما أن البريدرم Periderm ينشأ من الطبقة المحيطة Pericycle به ، والتي تنشأ منها أيضا الجذور الجانبية Lateral roots. وتوجد طبقة اندودرمس En-dodermis في الجذر وكثيرا تكون غائبة في الساق .

وتـوجد إختلافات أخرى تركيبية أساسية ، تتركز في ترتيب وكيفية تكوين الأنسجة الوعائية الابتدائية في كل من الساق والجذر .

فالخشب الأول Protoxylem في الجذر يكون خارجيا Exarch xylem بينما في الساق يكون داخليا Endarch xylem. والنسيج الوعائى في الجذر يوجد في صورة حزم قطرية Radial bundles تشمـل خشب ولحاء متبادلين بينما في الساق تكون الحزم الوعائية من النوع الجانبى Collateral bundles وأحيانا تكون مركزية Concentric bundles.

ويتركب الجسم الابتدائى للجذر الحديث ، في منطقة الشعيرات الجذرية ، من ثلاث مناطق هي البشرة والقشرة والاسطوانة الوعائية (شكل ٨٦) . ولاتعتبر دراسة التركيب

الداخلي للجذر الابتدائى كاملة بدون معرفة تركيب القلنسوة وأهميتها بالنسبة للجذر .

١ ـ القلنسـوة Root Cap

هى التركيب الذي يحمى المرستيم القمى للجذر، فهى غلاف واق متجدد بصورة مستمرة يحمى الجذر أثناء امتداده فى التربة. خلايا القلنسوة بارنكيمية مفككة قصيرة العمر، ليس لها ترتيب خاص وقد تترتب في صفوف مبتدئة من الخلايا المنشئة لها. والقلنسوة خالية من أى أنسجة وعائية أو دعامية وتحتوى الخلايا على حبيبات نشا Starch grains تكاد تكون دائمة. وتعتبر القلنسوة تركيب دائم التجدد، فخلاياها الخارجية اما أن تتفكك من بعضها وتموت، أو تتفتت وتتمزق وتسقط، غير أنها تعوض بخلايا أخرى جديدة تنشأ من مرستيم خاص بها يسمى Calyptrogen أو من مرستيم مشترك مع المرستيم منشىء البشرة في الجذر يسمى المرستيم منشىء البشرة والقلنسوة Der-mato-Calyptrogen.

والخلايا الخارجية للقلنسوة ذات طبيعة مخاطية، وأحيانا تغطى الملليمترات الطرفية لجذور كثير من النباتات بطبقة من مادة مخاطية قد تكون سميكة. الطبقة المخاطية التي توجد على أطراف الجذور الهوائية لبعض النباتات الاستوائية قد يبلغ سمكها عدة ملليمترات، وقد تجف مكونة طبقة جامدة. هذا الغلاف المخاطى Mucilage sheath يعتبر صفة بارزة في أنواع عائلة نبات الخلنج Erica التابع للعائلة الخلنجية Ericaceae فهو كبير وواضح ويمكن رؤيته بالعين المجردة. هذا الغلاف قد يغطى القلنسوة والمرستيم القمى وحتى منطقة الاستطالة كما في جذور نبات الأزاليا Azalea. والجزء الطرفى من جذور نبات القمح يغلفه غطاء مخاطى ممتلىء بخلايا انفصلت عن القلنسوة. ولقد اتضح ان نباتات القمح تترك في التربة مادة مخاطية جافة مقدارها يعادل وزن الحبوب الجافة الناتجة من نفس المساحة.

وتوجد القلنسوة من جميع نباتات الأرض. وفي معظم النباتات المائية وبعض النباتات المتطفلة تكون القلنسوة غير موجودة.

البشـرة Epidermis

وهي طبقة سمكها خلية واحدة تحيط بالجذر. وخلايا البشرة محكمة التلاصق، متطاولة، ذات جدر رقيقة تتركب من السليلوز والمواد البكتينية، وهى غير مكوتنة ولاتكسوها أدمة. ولاتوجد ثغور في بشرة الجذر.

وإذا كانت البشرة مستديمة، فقد تصبح خلاياها مكوتنة أو مسوبرة. البشرة ذات الجدر الخارجية السميكة توجد في الجذور الهوائية، وكذلك في الجذور التي تحتفظ بالبشرة

لفترة طويلة كما في كثير من ذوات الفلقة الواحدة وبعض ذوات الفلقتين، وقد تصبح جدر خلايا مثل هذه البشرة ملجننة.

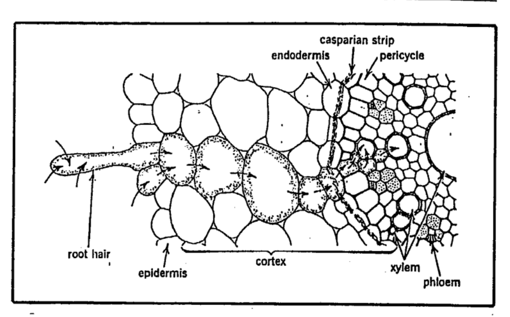
البشرة في الجذور تكون وحيدة الصف Uniseriate. الجذور الهوائية للنباتات المعلقة، التي تنتمى الى العائلة القلقاسية Araceae والعائلة الأوركيدية Orchidaceae التي توجد في المناطق الحارة وبعض ذوات الفلقة الواحدة الأرضية، تتميز بوجود تركيب يسمى الحجاب الجذرى Velamen يمثل نوعا من البشرة المتضاعفة Multiple epidermis (شكل ٧٢). يتركب هذا الحجاب عادة من عدة صفوف من خلايا غير حية، محكمة الترتيب، جدرها ثانوية سميكة مقواة بمادة اللجنين. والتغلظ في هذه الخلايا يكون حلزونيا أو شبكيا أو منقرا. يبطن الحجاب الجذرى طبقة اكسودرمس Exodermis. يتميز الحجاب الجذرى بقدرته على امتصاص الرطوبة من الجو المحيط وامتصاص مياه الأمطار وقطرات الندى.

من أهم الصفات المميزة للبشرة في الجذور هى تكوين الشعيرات الجذرية Root hairs (شكل ٨٧). وتنحصر الشعيرات الجذرية في منطقة من الجذر توجد الى الخلف قليلا من طرف الجذر يتراوح طولها بين سنتيمتر واحد وبضعة سنتميترات، وهى غائبة في منطقة المرستيم القمى والأجزاء المسنة من الجذر. ولقد لوحظ أن الجذور الرفيعة في بعض النباتات ذوات الفلقتين والفلقة الواحدة توجد عليها شعيرات جذرية على طول امتدادها. وفي بعض النباتات، تكون جميع خلايا البشرة قادرة على تكوين شعيرات جذرية، وفي أخرى تقوم خلايا معينة بتكوين هذه الشعيرات. ولقد لوحظ تكوين شعيرات جذرية من طبقة تحت البشرة في جنس الموالح Citrus وبعض ذوات الفلقة الواحدة في الأجزاء المسنة من منطقة الشعيرات الجذرية.

والشعيرة الجذرية عبارة عن امتداد أنبوبى لخلية واحدة من خلايا البشرة. جدار الشعيرة رقيق جدا وشفاف يكسب الشعيرة مظهرا أبيضا، يتركب من السليلوز والمواد البكتينية. وتحتوى الشعيرة على فجوة عصارية كبيرة أو بضع فجوات. السيتوبلازم عبارة عن طبقة رقيقة تبطن جدار الشعيرة. النواة توجد في السيتوبلازم عند طرف الشعيرة أو قريبا من جزئها الأوسط. جدار الجزء الطرفى من الشعيرة يكون أكثر ليونة من جزئها القاعدى. الغطاء البكتينى للشعيرة تتخلله لويفات من السليلوز.

الشعيرة عادة مستقيمة، غير أن شكلها يتوقف على مدى التصاقها بحبيبات التربة.

عادة، لاتعيش الشعيرات الجذرية طويلا، فسرعان ماتذبل وتسقط بعد بضع ساعات من تكوينها، غير أنها تعوض بأخرى تنشأ من الجزء العلوى لمنطقة الاستطالة. في بعض النباتات العشبية المعمرة، قد تبقى الشعيرة لبضعة أسابيع أو شهور أو حتى



(شكل ٨٧) : يوضح المسار الخلوي للذائبات الممتصة من التربة بواسطة الشعيرات الجذرية حتى الاسطوانة الوعائية.

لبضع سنوات . وقد تستديم الشعيرات الجذرية طوال حياة النبات كما في جنس Gladit-sia و Schizaea. يرتبط وجـود هذه الشعيرات الدائمة بعدم وجود نمو ثانوى أو تكوين بريدرم وتزداد جدر الشعيرات في السمك وتصبح مكونتة أو مسوبرة وقد تتلجنن جدرها وتصبح تجاويفها ممتلئة بمادة ملونة داكنة .

وتتفـاوت الشعـيرات الجـذرية في كثافتها وأطوالها تبعا لنوع النبات والبيئة المحيطة ويتراوح طول الشعـيرة الجـذرية بين ١٧ , ٠ـ٣٧ , ٠ من المليمتر، وقد يصل طولها الى حوالى ملليمتر واحد. الجذور اليافعة لمعظم النباتات ذات الفلقتين التي يحدث فيها نمو ثانوى، توجد عليها شعيرات جذرية طولها أقل من ملليمتر.

في بعض النباتات ، تنشأ الشعيرة الجذرية من خلية متخصصة تسمى منشئة الشعيرة الجـذرية Trichoplast. في هذه الحالة تنقسم احدى خلايا البشرة الى خليتين احداهما كبـيرة والأخـرى صغيرة غنية بالمحتويات البروتوبلازمية ، تتكشف الى شعيرة جذرية ، وتتميز بسرعة استطالتها ، ومحتواها النشط من انزيمات الأكسدة والاختزال .

معـظم النبـاتات الأرضية جذورها ذات شعيرات جذرية ، تخلو منها معظم نباتات البيئـة المـائية . بعض جذور النباتات مغطاة البذور الخشبية التي تنمو في الغابات مثل البلوط Quercus والزان Fagus تخلو من الشعيرات الجذرية ويتم الامتصاص عن طريق خلايا البشرة الرقيقة أو عن طريق الميكوريزا Mycorrhiza.

القشـــــرة Cortex

تنشـأ القشرة في الجذر من المرستيم منشيء القشرة Periblem وقد تنشأ مشتركة مع البشرة من نفس المـرستيم. والقشرة، هى المنـطقـة التي تقـع بين البشرة والاسـطوانة الوعائية في وسط الجذر، ويحدها من الداخل طبقة من صف واحد تسمى الاندودرمس Endodermis.

وتتركب القشرة في معظم الجذور من عدة طبقات من خلايا بارنكيمية غير متخصصة غالبـا، رقيقة الجدر، بينها مسافات بينية واضحة. القشرة في الجذر تكون أوسع نسبيا منها في الساق، وغالبا تتخصص في اختزان المواد الغذائية. في بعض الجذور اللحمية Tuberous roots يبلغ سمـك القشرة عدة مرات مقدار سمك الاسطوانة الوعائية التي تبدو رفيعة في وسط الجذر.

وقد تكون القشرة متجانسة في تركيبها أو تحتوى على مجموعة من خلايا افرازية مثل خلايا الحليب النباتى Laticifers والقنوات الراتنجية Resin ducts وقد تحتوى أحيانا على بلورات. لاتـوجد بلاستيدات خضراء في قشرة الجذور، ومع هذا، فان جذور بعض النباتات المائية والجذور الهوائية لكثير من النباتات الاستوائية المعلقة تحتوى القشرة فيها على بلاستيدات خضراء، وكثيرا يوجد النشا في خلايا القشرة.

في كثـير من جذور العـائلة النجيلية Poaceae والسعـدية Cyperaceae وكـذلك بعض النخيلية Arecaceae تحتوى القشرة في الجذور على فجوات هوائية واسعة Lacunae. هذه الفجوات شائعة أيضا في النباتات المائية.

قد تكـون خلايا الاسكلرنيكيما طويلة تشبـه الألياف أو قصـيرة. وأحيانـا، يوجـد النسيج الكولنكيمى في المنطقة الخارجية من القشرة كما في جنس Monstera وقد توجد ألياف متناثرة أو في صورة أشرطة كما في بعض أنواع النخيل.

والجذور التي لايحدث فيها نمو ثانوى، مثل جذور ذوات الفلقة الواحدة وكثير من ذوات الفلقتـين العشبية، تستـديم فيهـا القشرة طوال حياة النبـات. وإذا حدث نمو ثانوى، كما في ذوات الفلقتين الخشبية، فإن القشرة تتحطم.

وعندما تسقط الشعيرات الجذرية، وتتمزق البشرة، تتحور بعض الطبقات الخارجية من القشرة الى نسيج حماية يسمى الاكسودرمس Exodermis (شكل ٧٢).

أهم ماتتميز به خلايا الاكسودرمس هو ترسيب صفيحة من السوبرين على جدارها الابتـدائى من الـداخل، وتكسوها طبقة من السليلوز. وقد تصبح الخلايا ذات جدر ملجننة أو كلها من نوع واحد طويلة وجدرها مسوبرة Suberized كما في جذور الكتان Linum usitatissimum والخس Lactuca sativa وبـعض الـنـجـيليات. وقــد يتـمـيز

بالإكسودرمس خلايا قصيرة غير مسوبرة الجدران بالاضافة الى الخلايا الطويلة ذات الجدر المسوبرة كما في البصل Allium cepa.

والخلايا القصيرة غير المسوبرة تسمى الخلايا الممررة Passage cells. يوجد الاكسودرمس في معظم جذور النباتات ذات الفلقة الواحدة والقليل من ذوات الفلقتين.

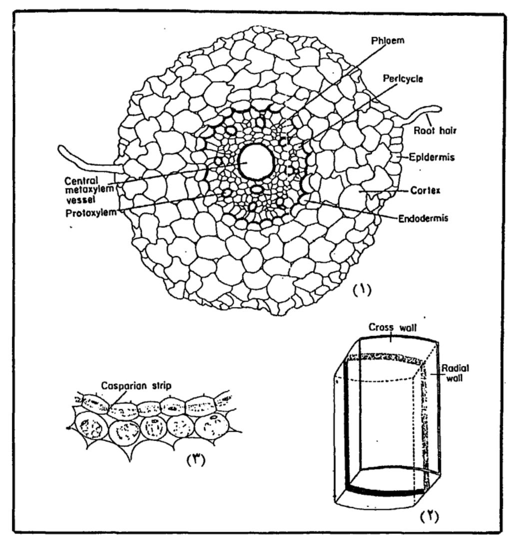
ويتراوح سمك طبقة الاكسودرمس بين طبقة واحدة وبضع طبقات، وأحيانا يصاحبها الى الداخل خلايا اسكلرنكيمية.

كما يوجد الاكسودرمس الى الداخل من الحجاب الجذرى Velamen. وفي جذور الأوركيد Orchid يمثلها صف واحد من الخلايا سميكة الجدر يتخللها خلايا ممررة Passage cells جدرها رقيقة.

الانـدودرمس Endodermis هو الطبقة الداخلية من القشرة وتفصل القشرة عن الاسطوانة الوعائية، ذات تركيب مميز عن بقية خلايا الجذر (شكل ٨٨). والاندودرمس اسطوانة سمكها صف واحد من الخلايا توجد في جذور النباتات مغطاة البذور. وأحيانا يتركب الاندودرمس من صفين من الخلايا كما في جذور كثير من نباتات العائلة المركبة Asteraceae. وخلايا الانـدودرمس، متطاولة محورها الطويل مواز لامتداد النسيج الوعائى، جدرها الطرفية عرضية غالبا. تشاهد الخلايا في القطاعات العرضية برميلية الشكل تقريبا محورها الطويل يكون مماسيا. وتترتب الخلايا باحكام، فلا توجد بينها مسافات بينية.

وخلايا الاندودرمس حية، كثيرا تقوم بتخزين النشا، وقد يوجد بها دباغ Tannins أو بلورات Crystals. في النباتات ذات الفلقتين التي يحدث في جذورها نمو ثانوى تتمزق طبقة الاندودرمس وتنسلخ مع بقية الأنسجة التي تقع الى الخارج منها اذا تكون البريدرم في الطبقة المحيطة. اذا نشأ البريدرم سطحيا، بقيت طبقة الاندودرمس وسايرت الزيادة في الأنسجة الوعائية الثانوية بحدوث انقسامات بجدر قطرية في خلاياها الأمر الذي يؤدى الى زيادة عدد الخلايا بالاضافة الى اتساعها المماسى.

أهم الصفات التي تتميز بها خلايا الاندودرمس تتضح صورتها في وجود تغلظات من مادة اللجنوسوبرين Lignosuberin تمتد حول جدرها القطرية والطرفية، تسمى شريط كاسبار Casparian strip (شكل ٨٨). يترسب هذا الشريط في مرحلة مبكرة من تكشف الخلية في الصفيحة الوسطى، وأخيرا يزداد في السمك ويترسب على جدار الخلية من الداخل، وهو يمثل جزءا من الجدار الابتدائى في الخلية. أحيانا، يكون شريط كاسبار عريضا يشغل معظم جدار الخلية.



(شكل ٨٨): التركيب الداخلي لجذر بادرة القمح.

(١) قطاع عرضى في الجذر الابتدائى يوضح أنسجته الابتدائية. لاحظ طبقة الاندودرمس والتغلظات الموجودة بها.

(٢) رسم تخطيطى يوضح أشرطة كاسبرى على الجدر العرضية الجانبية.

(٣) جزء من قطاع عرضى في الجذر الابتدائى يبين طبقة الاندودرمس والبارنكيما المجاورة لها.

ولقد أوضحت الدراسة بالمجهر الأليكترونى وجود تغلظ في الجدار الخلوى بمنطقة شريط كاسبار، كما يلتصق الغشاء البلازمى للسيتوبلازم بقوة بالجدار الخلوى في هذه المنطقة. وتحتوى الجدر المماسية والقطرية على نقر بسيطة كما توجد نقر قليلة في الجدر الطرفية.

وتمتد روابط بلازمية خلال جدر خلايا الاندودرمس وبعضها، وكذلك بينها وبين

جاراتها من خلايا القشرة. وتنعدم الروابط البلازمية في شريط كاسبار. يؤدى وجود شريط كاسبار في جدر خلايا الاندودرمس الى انسداد المسام الشعرية في هذه الجدر كما يتحتم مرور الماء من خلال السيتوبلازم الذي يتميز بنفاذية اختيارية وليس من خلال جدر الخلية، وبذلك يتحكم السيتوبلازم في مرور الماء من القشرة الى الاسطوانة الوعائية وبالعكس.

في معظم النباتات ذات الفلقتين لايحدث تحور في خلايا الاندودرمس، حيث تبقى في صورتها العادية بأشرطة كاسبار. وفي جذور ذوات الفلقة الواحدة وبعض ذوات الفلقتين، في غياب النمو الثانوى، تحدث تحورات تركيبية في خلايا الاندودرمس وتصبح جدرها زائدة السمك. في هذه الحالة الجدر القطرية المماسية الداخلية وأحيانا جميع الجدر، تصبح زائدة السمك نتيجة لترسيب صفيحة من السوبرين على سطوحها الداخلية (شكل ٨٩). وفي حالات أخرى، تترسب طبقة من السليلوز فوق صفيحة السوبرين، وقد تصبح الجدر في النهاية ملجننة.

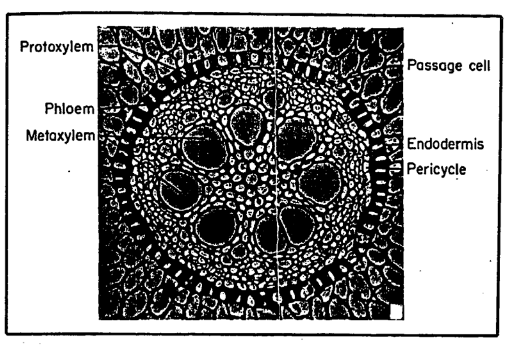
وقد تؤدى زيادة السمك الى غلق تجويف الخلية كما في نبات العشبة Smilax.

لاتحدث هذه التحورات التركيبية في خلايا الاندودرمس في وقت واحد، ويتضح ذلك من ظهور أشرطة كاسبار والتحورات الجدارية المتعاقبة في أجزاء الاندودرمس التي تواجه اللحاء الابتدائى ثم تمتد جانبيا حتى الأجزاء المقابلة للخشب الابتدائى. ونتيجة لذلك، توجد خلايا سميكة الجدر في الاندودرمس تقابل اللحاء، وأخرى رقيقة الجدر بها الأشرطة الكاسبيرية في مقابل أذرع الخشب. الخلايا رقيقة الجدر تسمى الخلايا الممررة Passage cells (شكل ٨٩) وتعتبر الطريق الذي ينتقل خلاله الماء والذائبات من القشرة الى الاسطوانة الوعائية.

ولقد حددت وظائف معينة للاندودرمس. فغالبا تقوم الخلايا باحكام السيطرة على مرور الماء من خلايا القشرة الى عناصر الخشب الناقلة. وقد يمثل الاندودرمس خزان هواء يحول دون انسداد عناصر الخشب الناقلة بالهواء. وقد يعتبر الاندودرمس بمثابة طبقة واقية ميكانيكية داخلية نظرا لجدرها السميكة الملجننة وتمنع تسرب المواد من الاسطوانة الوعائية الى القشرة. أحيانا، قد ينشأ الكامبيوم الفلينى في الاندودرمس، كما تحدث فيها انقسامات قطرية حتى تستطيع مسايرة الزيادة في القطر الناتج عن النمو الثانوى فتبقى لفترة ما، غير أنها سرعان ماتتحطم أمام استمرار هذا النمو.

الأسطوانة الوعائية Vascular Cylinder

يطلق مصطلح الأسطوانة الوعائية على الجزء الأوسط من الجذر الذي يضم الطبقة



(شكل ٨٩) : صورة مجهرية لجزء من قطاع عرضي في الجذر الابتدائي لنبات الزنبق يوضح تركيب الاسطوانة الوعائية.
لاحظ أوعية الخشب التالي الواسعة وطبقة الاندودرمس زائدة السمك.

المحيطة والأنسجة الوعائية Vascular tissues وما يصاحبها من نسيج أساسي Ground Tissue. الطبقة المحيطة تمثل الحدود الخارجية للأسطوانة الوعائية التي تنشأ من المرستيم منشىء الأسطوانة الوعائية Plerome طبقا لنظرية أصل الأنسجة.

أ ــ *الطبقة المحيطة* Pericycle وتوجد الى الداخل من الأندودرمس وتتركب عادة من صف واحد Uniseriate من خلايا بارنكيمية رقيقة الجدر تحيط بالأنسجة الوعائية. في كثير من جذور النباتات ذوات الفلقة الواحدة، مثل الدراسينا Dracaena والصبار Aloe والنخيل Phoenix وبعض النجيليات، وقليل من ذوات الفلقتين مثل التوت Morus والصفصاف Salix تتركب الطبقة من بضعة صفوف. أحيانا تتركب من صف واحد تجاه اللحاء Phloem وبضعة صفوف تجاه الخشب Xylem. والطبقة المحيطة أما ان تكون مستمرة، أو مجزأة الى وحدات حينما تمتد أذرع الخشب الابتدائى حتى الاندودرمس مثل كثير من نباتات العائلة النجيلية Poaceae والسعدية Cyperaceae أو في مواجهة اللحاء كما في عائلة Potamogetonaceae حيث تصل حزم اللحاء حتى الاندودرمس. أما الجذور عديمة الطبقة المحيطة فهي نادرة، وقد توجد بين النباتات المائية والمتطفلة.

وتبقى خلايا الطبقة المحيطة غير متخصصة في الجذور الصغيرة لمغطاة البذور. وعندما يبدأ النمو الثانوى في الجذر، تنشأ منها الجذور الجانبية والكامبيوم الفلينى لذا ينشأ عنه نسيج البريدرم Periderm وجزء من الكامبيوم الوعائى Vascular cambium الذي تنشأ عنه الأنسجة الوعائية الثانوية. مع استمرار النمو الثانوى، ينشأ الكامبيوم الفلينى في اللحاء Phloem وتبعا لذلك تسقط الطبقة المحيطة. في جذور النباتات ذات الفلقة الواحدة، تقوم الطبقة المحيطة بتكوين الجذور الجانبية فقط. وفي الجذور التي لايحدث فيها نمو ثانوى، كما في جذور معظم ذوات الفلقة الواحدة، تتحجر الطبقة المحيطة عادة في الجذور المسنة كليا أو جزئيا. وقد تحتوى الطبقة المحيطة أحيانا على غدد افرازية أو قنوات لبن نباتى.

ب ــ *الأنسجة الوعائية الإبتدائية* Primary Vascular Tissues

يوجد لحاء الجذور في صورة أشرطة موزعة بالقرب من المحيط الخارجى للأسطوانة الوعائية. والخشب يكون اما على هيئة أشرطة منفصلة تتبادل الوضع مع أشرطة اللحاء، أو يشغل مركز الجذر وتمتد منها أذرع الى الخارج، فيصبح الشكل العام للخشب الابتدائى نجميا. وإذا لم يتكشف خشب في مركز الجذر، فان الأخير يشغل مركز بالنخاع. ونظرا لأن ذراع الخشب الابتدائى يجاوره على نصف قطر آخر كتلة لحاء ابتدائى، أى أن كل منهما على نصف قطر خاص به، فتسمى الحزم الوعائية بالحزم القطرية Radial bundles.

ويختلف عدد أذرع الخشب الإبتدائى في الجذر الابتدائى باختلاف نوع النبات، واعتمادا على هذا العدد يسمى الجذر أحادى الحزم Monarch وهى حالة نادرة، اذا وجد ذراع واحد من الخشب كما في الجذر الرفيع لنبات ابوقرنين Trapa nation وثنائى الحزم Diarch اذا وجدت حزمتان مثل جذر البنجر Beta vulgaris والجزر Daucus Carota وثلاثى الحزم Triarch إذا وجدت ثلاث حزم مثل جزر البسلة Pisum sativum والبرسيم الحجازى Medicago Sativa ورباعى Tetrarh كما في جذر القطن Gossypium والقرع Cucurbita وخماس Pentarch كما في شقائق النعمان Ranunculus وهكذا حتى عديد الحزم Polyarch وهى حالة شائعة في ذوات الفلقة الواحدة رغم تنوعاتها الكثيرة. وعادة يتراوح عدد أذرع الخشب في جذور النباتات ذات الفلقتين بين ٢ـ٨ أذرع أو أكثر قليلا كما في نقل الماء Menyanthes trifoliate (١١ ذراع). في ذوات الفلقة الواحدة، يكون عدد أذرع الخشب الابتدائى بين ٨ـ٣٠ ذراعا (٣٠ ذراع في Smilax) ولهذا تسمى عديدة الحزم Polyarch. قد يصل العدد الى حوالى مائة ذراع كما في بعض نباتات العائلة النجيلية. ويختلف كثيرا عدد حزم الخشب في النوع الواحد. فيشتمل جذر البصل على

عدد محدود من حزم الخشب مع أنه من ذوات الفلقة الواحدة. وتنفصل الحزم القطرية عن بعضها بواسطة خلايا بارنكيمية، وتصبح اسكلرنكيمية في الجذور التي لايحدث فيها نمو ثانوى.

ويتميز الخشب الابتدائى الى خشب أول وخشب تالى. يبدأ تكشف العناصر الوعائية للخشب الابتدائى من الخارج الى الداخل في اتجاه مركز الجذر، وبذلك يقع الخشب الأول جهة البريسيكل بينها الخشب التالى تجاه مركز الجذر، ولذا يوصف الخشب الابتدائى في جذور مغطاة البذور بأنه خارجى الخشب الأول Exarch xylem. وعناصر الخشب الأول أقل عددا من الخشب التالى، وهى ضيقة ذات تغليظ حلقى وحلزونى. وعناصر الخشب التالي أكثر اتساعا من الخشب الأول، وتغليظها سلمى Scalariform أو شبكى Reticulate ومنقر Pitted. ويتركب الخشب الابتدائى في الجذر من عناصر ناقلة وخلايا بارنكيمية وألياف.

ويتنوع التركيب الابتدائى الوعائى في جذور النباتات ذات الفلقة الواحدة. ففي بعض الجذور يوجد وعاء خشب تالى فقط في مركز الجذر ترتبط به بقية عناصر الخشب التالى في أذرع الخشب وبذلك لايوجد نخاع. وفي جذور أخرى، توجد حلقة من أوعية واسعة تحيط بالنخاع. وقد تترتب أوعية الخشب التالى في حلقتين أو ثلاثة كما في جنس لاتانيا Latania أو تكون مبعثرة في وسط الجذر. في جنس الموز Musa توجد أوعية الخشب وحزم اللحاء مبعثرة خلال الجزء الأوسط من الأسطوانة الوعائية. ويخلو الخشب الابتدائى في الجذر من الألياف.

يشاهد اللحاء الابتدائى في القطاعات العرضية للجذور على هيئة مجموعات دائرية الشكل أو مثلثة. يتركب اللحاء الابتدائى في مغطاة البذور من أنابيب غربالية وخلايا مرافقة وخلايا بارنكيمية. ويحتوى قليلا اللحاء الابتدائى على الياف كما في العائلة الخبازية Malvaceae والفراشية Fabaceae. الأنابيب الغربالية التي تتكشف أولا في اللحاء الابتدائى تكون ضيقة وسرعان ما تتحطم وتمتص. قد تتكون خلايا مرافقة للأنابيب الغربالية التي تتكشف أولا، وأحيانا، تكون غير موجودة. والأنابيب الغربالية الأخيرة ذات خلايا مرافقة، وهى جزء من اللحاء التالى.

وتدرج تكشف العناصر في اللحاء الابتدائى يكون في اتجاه المركز ابتداء من الحدود الخارجية لشريط اللحاء.

النخاع **Pith**

النخاع في جذور النباتات ذات الفلقتين صغير جدا أو غير موجود. في الحالة الأخيرة

يشغل الخشب التالى مركز الجذر. أحيانا يكون النخاع واسعا كما في جذر نبات قاتل النمر Aconitum napellus من العائلة الشقيقية Ranunculaceae. وجذور ذوات الفلقة الواحدة، عادة، يوجد بها نخاع، ويتركب النخاع من خلايا بارنكيمية تماثل في تركيبها تلك الموجودة بين العناصر الوعائية، وأحيانا تكون جدرها رقيقة. خلايا النخاع متجانسة، وتندثر مع تقدم النمو الثانوى. في ذوات الفلقة الواحدة قد تصبح خلاياه متحجرة في المراحل الأخيرة من حياة النبات.

منشأ الجذور الجانبية ORIGIN OF LATERAL ROOTS

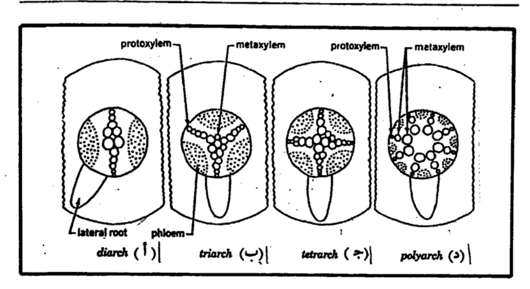
في مغطاة البذور، ينشأ الجذر الابتدائى عن جذير جنين البذرة، حيث تنشأ عليه أفرع جذرية جانبية تسمى الجذور الثانوية Secondary roots وهذه بدورها تتفرع لتنشأ جذور ثالثة Tertiary roots وقد يصل التفرع في الجذور الى الدرجة الرابعة او الخامسة، وقد تتكون جذور جانبية حتى الدرجة السابعة.

والمجموع الجذرى في ذوات الفلقة الواحدة من مغطاة البذور يكون عرضيا، نظرا لأن الجذر الابتدائى الذي ينشأ عن جذير الجنين يموت مبكرا في حياة النبات. تنشأ هذه الجذور العرضية من قاعدة الساق فوق منطقة نشوء الجذر الابتدائى، وقد تنشأ في جنين البذرة. ومن ناحية أخرى قد يكون الجذر الابتدائى ضعيفا أو غير موجود كما في بعض أنواع الأوركيد وبعض النباتات المائية والمتطفلة. من الصفات الهامة التي تميز الجذور عن السيقان طريقة تكوين المحاور الجانبية. ففي الساق، تتكون بدايات الفروع Branch primordia وبدايات الأوراق leaf primordia من المرستيم القمى للساق، أما في الجذور فلايتكون أى فرع جذرى من المرستيم القمى الجذر.

وتنشأ بدايات الجذور الجانبية داخليا من الطبقة المحيطة خلف منطقة الشعيرات الجذرية مباشرة في المنطقة الدائمة للجذر الأب. ولهذا، توصف الجذور الجانبية بأنها داخلية المنشأ En-dogenous.

والجذور الجانبية، سواء نشأت على الجذر الابتدائى أو أحد فروعه، أو على جذر عرضى، فانها تنشأ من الطبقة المحيطة الناضجة، وقد تشترك طبقة الاندودرمس Endodermis الى درجة ماقي تكوين البداية الجذرية Root primordium.

وتتكون بدايات الجذور الجانبية في أماكن محددة من الطبقة المحيطة (شكل ٩٠) اما المواجهة لحزم الخشب الابتدائى أو المناطق الواقعة بين الخشب واللحاء. في الجذور ثنائية حزم الخشب Diarch roots مثل البنجر Beta vulgaris والجزر Daucus carota فتنشأ بدايات الجذور الجانبية من مناطق البريسيكل التي تكون واقعة بين اذرع الخشب الابتدائى واللحاء الابتدائى. وتبعا لذلك، تتكون أربعة صفوف من الجذور الجانبية

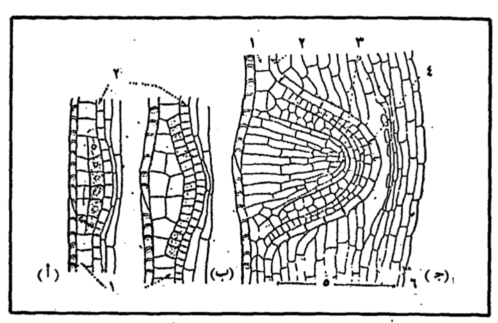


(شكل ٩٠) : رسوم تخطيطية تبين الأنسجة الوعائية الابتدائية. وموضع نشوء الجذور الجانبية بالنسبة للأنسجة الوعائية في الجذر.
أ ـ عدد أذرع الخشب اثنان ونشوء الجذر الجانبي فيما بين الخشب واللحاء.
ب ـ عدد أذرع الخشب ثلاثة ونشوء الجذر الجانبي في مقابل الخشب.
ج ـ عدد أذرع الخشب أربعة ونشوء الجذر الجانبي في مقابل الخشب.
د ـ عدد أذرع الخشب عديدة (يمثل ذوات الفلقة الواحدة) ونشوء الجذر الجانبي في مقابل ذراعين من الخشب

أى يكون عدد صفوف الجذور مساويا لضعف عدد أذرع الخشب.

في الجذر الأب الذي يزيد فيه عدد حزم الخشب عن اثنين، تنشأ بدايات الجذور الجانبية من الطبقة المحيطة أما في مقابل أذرع الخشب الأول كما في كثير من ذوات الفلقتين، أو في مقابل حزم اللحاء كما في العائلة النجيلية Poaceae والسعدية Cyperaceae من ذوات الفلقة الواحدة، وبذلك يكون عدد صفوف الجذور الجانبية مساويا لعدد حزم الخشب في الجذر الأب. وتبعا لما تقدم، فان عدد صفوف الجذور الجانبية يكون مساويا لعدد أذرع الخشب الابتدائى في الجذر الأب أو ضعف هذا العدد.

وعند نشأة جذر جانبى، تأخذ مجموعة من خلايا الطبقة المحيطة المتجاورة في مساحة قطرها خليتين على الأقل في الانقسام أولا محيطيا Periclinical ثم في الاتجاه القطرى Anticlinal. نتيجة لهذه الانقسامات يتكون بروز من خلايا مرستيمية هو بداية الجذر الجانبى Lateral root Primordium (شكل ٩١). وباستمرار النمو، يتكشف المرستيم القمى ومناطق الأنسجة الابتدائية والقلنسوة في محور الجذر الصغير. ثم تخترق بداية



(شكل ٩١): رسوم تخطيطية لقطاعات عرضية تمثل ثلاثة أطوار لنشوء الجذر الجانبي.

أ - نشطت ست خلايا من البريسيكل وانقسمت مماسيا.

ب - ازداد الانقسام المماسي ولازمه انقسام عمودى على السطح في اتجاه قطرى، وبذا تكون بروز جـ - بداية الجذر الجانبى. كما انقسمت خلايا الأندودرمس المجاورة بمستوى عمودى على سطحها المنبسط. جـ ازدادت الانقسامات وتكشفت القمة النامية والقلنسوة، وأخذ الجذر الجانبى طريقة عبر قشرة الجذر الأب الى الخارج. ١ـ البريسيكل. ٢ـ الأندودرمس. ٣ـ القمة النامية. ٤ـ القلنسوة. ٥ـ قشرة الجذر الأب. ٦ـ بشرة الجذر الأب.

الجذر الجانبى نسيج القشرة تدريجيا نحو الخارج.

بعض الباحثين يرون أن الجذر النامى يشق طريقة في القشرة بقوة ميكانيكية، ويرى آخرون أن القلنسوة تقوم بافراز انزيمات من خلاياها السطحية تهضم خلايا القشرة التي تعترض طريقها، ومع هذا، فلايوجد اتصال بين الجذر الآخذ في النمو وأنسجة الجذر الأب المحيطة التي يخترقها. ونظرا لأن الجذر الجديد ينشأ من الطبقة المحيطة، فان المنطقة بين النسيج الوعائى في كل من الجذور الجانبية والجذر الأب تكون صغيرة، وخلاياها مشتقة من الطبقة المحيطة. هذه الخلايا الأخيرة تتكشف الى أنسجة وعائية جديدة تصل معا النسيجين الوعائيين في كل من الجذر الجانبى والجذر الأب.

وفي كثير من النباتات، أحيانا، تنقسم خلايا الاندودرمس في الجذر الأب قطريا كما تتسع مماسيا، وبذلك تتكون منها طبقة من صف واحد على سطح بداية الجذر الجانبى. وأحيانا، تنقسم خلايا الاندودرمس أيضا محيطيا، فتتكون منها أكثر من طبقة. بعد أن

يظهر الجذر الجانبى على السطح أو قبل ظهوره تموت الخلايا الناتجة عن الاندودرمس وتسقط. أحيانا أخرى، تنقسم هذه الخلايا محيطيا وقطريا فتتكون أكثر من طبقة على سطح بداية الجذر. وقبل أن يظهر الجذر الجانبى على السطح، يموت النسيج المتكون عن الاندودرمس يسقط كما يسقط معه الأنسجة الأخرى الممزقة.

في حالات قليلة، يتكون عن المشتقات الخلوية لخلايا الاندودرمس وغيرها من خلايا القشرة المجاورة للجذر الجانبى، تركيب يغلف المنطقة الطرفية فيه يسمى الجيب الجذرى Root pocket قد يكون كبيرا في النباتات المائية عديمة القلنسوة مثل عدس الماء *Lemna minor*.

ونظرا لتكوين الجذور الجانبية في مناطق محددة من الجذر الأب، في مواجهة حزم الخشب أو اللحاء أو فيما بينهما، فان الجذور الجانبية تشاهد مرتبة في صفوف طولية، تكون أكثر وضوحا في الجذور الخازنة Storage Roots مثل الجزر Daucus carota. وعادة، هذا الترتيب يكون مشوها في الجذور الرفيعة الأرضية. يختلف تفرع الجذر تبعا للصنف ونوع النبات وظروف التربة، ومع هذا، فهو أكثر غزارة من تفرع السيقان الهوائية.

منشأ الجذور العرضية ORIGIN OF ADVENTITIOUS ROOTS

تشمل الجذور العرضية جميع الجذور التي تنشأ على العقد والسلاميات وأحيانا الأوراق، وتلك التي تنشأ على السيقان الأرضية، والجذور المسنة في غير مناطق الطبقة المحيطة، وعلى السويقة تحت الفلقية للبادرة، وقد تنشأ مرتبطة بالبراعم، ومن عقل الساق عند زراعتها.

في معظم النباتات النجيلية، تتكون جذور عرضية جنينية Seminal roots يختلف عددها من جنس الى آخر، أو تنشأ في مناطق السلاميات.

تنشأ الجذور العرضية أيضا من بدايات جذرية Root Primordia سبق تكوينها غير أنها ظلت ساكنة لتنشط خلال نمو النبات، وقد تنشأ عن بدايات جذرية جديدة.

وفي معظم الحالات، تنشأ الجذور العرضية داخليا Endgenous وفي حالات قليلة تنشأ خارجيا Exogenous من خلايا نسيج القشرة للعضو الذي تنشأ منه.

والجذور العرضية التي تتكشف عن البدايات الجذرية تنشأ بالقرب من الأنسجة الوعائية المتكشفة لعضو النبات الذي تتكون منه. فإذا كان عضو النبات يافعا نشأت بداية الجذر العرضى من عدد من الخلايا بالقرب من حدود الأنسجة الوعائية أما اذا كان هذا العضو مسنا فان منشأ الجذر العرضى يكون من موضع أكثر عمقا بالقرب من الكامبيوم الوعائى.

وفي السيقان اليافعة، الخلايا التي تتكون عنها بداية الجذر العرضى تنشأ من الخلايا البارنكيمية التي توجد بين الحزم الوعائية Interfascicular parenchyma بينما في السيقان المسنة الخشبية فانها تنشأ من بارنكيما الشعاع الوعائى Vascular ray غالبا في منطقة العقدة، أو في السلامية، أحيانا، كما في الصفصاف Salix والحور Populus.

ان منشأ بدايات الجذور العرضية في المناطق بين الحزم الوعائية أو الشعاع الوعائي، يجعل الجذر الحديث مجاورا لنسيجى الخشب واللحاء في ساق النبات الأمر الذي ييسر سرعة تكوين الاتصال الوعائى بين الجذر العرضى والساق حيث تنشأ أنسجة وعائية من البارنكيما الواقعة بينهما. جذور الجروح Wound roots وهى جذور عرضية، تنشأ في أنسجة الكالوس Callus قريبا من سطح مقطوع. والكالوس نسيج يتركب من خلايا بارنكيمية كبيرة رقيقة الجدر ينشأ نتيجة لجرح يحدث في عضو النبات. تنشأ هذه الجذور داخليا بعد تكوين النسيج الوعائى في الكالوس من مرستيم يمثل امتدادا للكامبيوم الوعائى في حالة العقل الساقية. وقبل أن يظهر الجذر العرضى خارج أنسجة الساق أو الجذر ينشأ له مرستيم قمى وقلنسوة. تخرج الجذور العرضية من أنسجة النبات بالطريقة التي تسلكها الجذور الجانبية للمجموع الجذرى الوتدى، حيث تشق طريقها في القشرة بقوة ميكانيكية أو تحطم الخلايا التي في مواجهتها وتهضمها نتيجة لنشاط القلنسوة.

في أوراق بعض النباتات مثل Bryophyllum تتكون الجذور العرضية من حافة الورقة. في العقل الساقية لنبات قصب السكر، تتكون الجذور العرضية من بدايات جذرية تشاهد كنقط بيضاء اللون عند قاعدة السلامية. في نبات الفانيلا Vanilla توجد محاليق جذرية تنمو عند عقد ساق النبات تلتف حول ما يجاورها من دعامات، تساعد الساق في التسلق.

وتتفاوت أنواع النباتات تفاوتا كبيرا في السهولة التي تتكون بها الجذور العرضية. ففي جنس الصفصاف Salix مثلا، تتكون الجذور العرضية بسهولة في العقل الساقية Stem cuttings حيث توجد بدايات جذرية سبق تكوينها. وفي الكمثرى Pyrus communis والتفاح Malus sylvestris يصعب تكوين الجذور العرضية في العقل الساقية حيث لاتحتوى على بدايات جذرية. وفي نبات قصب السكر، تتكون الجذور العرضية بسهولة من بدايات جذرية عند قاعدة السلامية. والعقل الجذرية لنبات توت العليق Rubus تتكون عليها الجذور العرضية بسهولة.

وتتغير القدرة على تكوين الجذور العرضية بتغير عمر النبات، فالنباتات الحديثة عمرا تكون أكثر قدرة من المسنة على تكوين الجذور العرضية.

والجذور العرضية يتألف منها المجموع الجذرى الأساسى في ذوات الفلقة الواحدة،

وذوات الفلقتين التي تتكاثر بالريزومات وغيرها من السيقان الأرضية والسيقان الجارية، وكذلك في النباتات المائية والمتطفلة.

تكوين البراعم على الجذور

يؤدى تكوين البراعم على الجذور الى امكانية تكاثر النباتات بواسطة العقل الجذرية Root cuttings. تنشأ كثيرا البراعم داخليا مثل الجذور الجانبية أو العرضية. وقد ينشأ البرعم في الطبقة المحيطة Pericycle لجذر حديث بينما في الجذر المسن ينشأ عن نسيج أشعة Ray tissue وقد ينشأ خارجيا عن نمو يشبه الكالوس يتكون من الكامبيوم الفلينى. تنشأ كثيرا البراعم بجوار الجذور الجانبية.

النمو الثانوى في الجذور SECONDARY GROWTH IN ROOTS

النمو الثانوى Secondary growth يؤدى الى زيادة قطر ساق النبات أو الجذر نتيجة لتكوين أنسجة وعائية ثانوية يقوم بانشائها الكامبيوم الوعائى Vascular Cambium. هذه الزيادة في القطر، تكون متبوعة بنشاط الكامبيوم الفلينى Phellogen الذي يقوم بتكوين نسيج واق يدعى البريدرم Periderm. وينتج عن النمو الثانوى الجزء الأكبر من جسم النبات.

وتختلف جذور النباتات مغطاة البذور في مقدار النمو الثانوى الذي يحدث فيها. فالنباتات العشبية ذوات الفلقتين Herbaceous dicotyledons لا يحدث في كثير منها نمو ثانوى، بينما في أخرى يتكون مقدار ملحوظ منه أو يكون ضئيلا. وفي ذوات الفلقتين الخشبية Woody dicotyledons يحدث النمو الثانوى في جذوره الوتدية وفروعها الرئيسية بينما الفريعات الصغيرة Branchlets تكون خالية منه. والغالبية العظمى من ذوات الفلقة الواحدة Monocotyledons لا يحدث فيها نمو ثانوى، بينما في عدد قليل منها، مثل الدراسينا Dracaena يحدث النمو الثانوى في الجذر والساق.

ولا تختلف الأنسجة الوعائية الثانوية اختلافا جوهريا عن مثيلاتها في ساق نفس النبات. بل أن الاختلافات تلائم التباين في الوظيفة. فخشب الجذور يحتوى على أوعية أكبر اتساعا وأكثر عددا وذات جدر رقيقة وتقل به الألياف بينما تزداد البارنكيما. اللحاء يحتوى في الجذور على ألياف أقل وبارنكيما اختزانية أكبر. ومع هذا، فان بداية النشاط الكامبيوم في الجذر لها مميزاتها الخاصة تختلف عنها في الساق نتيجة لاختلاف ترتيب الأنسجة الوعائية في كل من الجذر والساق.

الجذور التي لا يحدث فيها نمو ثانوى

جذور النباتات ذات الفلقة الواحدة تتميز بعدم حدوث نمو ثانوى فيها، وتبعا لذلك

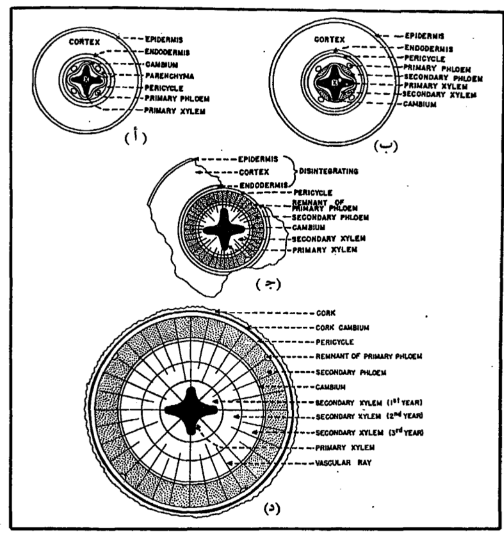
فان النمو فيها يكون ابتدائيا. ويتم النمو الابتدائى بنضج كل من الخشب التالى واللحاء التالى، وتحجر Sclerification الخلايا البارنكيمية المرتبطة بالأنسجة الوعائية، وتكون جدر ثانوية في خلايا الاندودرمس، بالاضافة الى تكشف الاكسودرمس Exodermis. ونظرا لعدم حدوث نمو ثانوى فان قشرة الجذر تستديم ولايتكون بريدرم Periderm.

والنسيجان الواقيان السطحيان هما البشرة والاكسودرمس، واذا تمزقت البشرة بقيت الاكسودرمس كطبقة سطحية بدلا من البشرة.

الجذور ذات النمو الثانوى

تتميز الأسطوانة الوعائية Vascular cylinder في الجذور بأن حزم الخشب الابتدائى Primary xylem تتبادل في وضعها مع غيرها من حزم اللحاء الابتدائى Primary Phloem وهما متساويان في العدد. ولاتحتوى الأسطوانة الوعائية في أول الأمر على كامبيوم وعائى Vascular Cambium أو كامبيوم فلينى Phellogen فهما يتكونان مع بداية النمو الثانوى. في الجذور الحديثة، وتوجد عادة طبقتان أو أكثر من خلايا بارنكيمية تفصل حزم الخشب واللحاء بعضها عن بعض، ويحيط بها من الخارج الطبقة المحيطة.

وعند بداية النمو الثانوى، ينشأ الكامبيوم الوعائى في المناطق المتبقية بعد تكشف الأنسجة الوعائية الابتدائية، وهذه تقع بين الخشب واللحاء الابتدائيين وعلى الحافات الداخلية لحزم اللحاء. يبدأ تكوين هذا الكامبيوم في صورة أشرطة مماسية قصيرة منفصلة في الخلايا البارنكيمية الملاصقة للجانب الداخلى من اللحاء (شكل ٩٢). عدد هذه الأشرطة الكامبيومية Cambial strips يكون مساويا لعدد حزم اللحاء. بعد هذه المرحلة يمتد تكشف الكامبيوم الوعائى الى الخارج على جانبى كل حزمة خشب ابتدائى وبمحاذاتها في الخلايا البارنكيمية حتى يصل الى خلايا الطبقة المحيطة التي تقع على الحافات الخارجية لحزم الخشب الابتدائى، أى خارج الخشب الأول Protoxylem. وتستأنف خلايا الطبقة المحيطة قدراتها المرستيمية وينشأ بها طبقة كامبيوم وعائى، تمتد جانبيا حتى تتحد مع بقية شرائط الكامبيوم كما تلتحم الأخيرة جانبيا مع بعض. وتبعا لذلك، تتكون أسطوانة متصلة من الكامبيوم الوعائى تبدو في أول الأمر متعرجة أو مفصصة Lobed في القطاع العرضى حيث تتبع حزم الخشب الابتدائى وتنحنى الى الداخل مقابل اللحاء الابتدائى. هذه الأسطوانة نشأت جزئيا من الخلايا البارنكيمية وجزئيا من الطبقة المحيطة. وتوجد حزم اللحاء الى الخارج بينما حزم الخشب الى الداخل. تنقسم خلايا الكامبيوم الوعائى فيتكون عن مشتقاتها الخلوية خشب ثانوى الى الداخل ولحاء ثانوى الى الخارج. ثم تأخذ أسطوانة الكامبيوم، بعد ذلك، شكلا



(شكل ٩٢): النمو الثانوي العادي في جذر نبات من ذوات الفلقتين.

أ ـ قطاع عرضي في جذر يوضح أنسجته الابتدائية. لاحظ حلقة الكامبيوم الوعائي المتعرجة تحيط بالخشب الابتدائى

ب ـ بداية النمو الثانوى

ج ـ النمو الثانوى فى مرحلة متقدمة وتحطم الأنسجة الخارجية

د ـ جذر ذى ثلاث حلقات من الخشب، اللحاء الثانوى يوجد خارج الكامبيوم الوعائى.

منتظما نتيجة للنشاط المبكر لأجزائها التي تكونت أولا على الحافات الداخلية لحزم اللحاء بالنسبة للأجزاء الأخرى المقابلة لحزم الخشب الأول أو قريبا منه.

ويستمر انقسام خلايا الكامبيوم الوعائى محيطيا فتعطى خشب ثانوى بكميات كبيرة الى الداخل، ولحاء ثانوى الى الخارج. بعد فترة من النمو الثانوى تتكون أسطوانة

عريضة من الخشب الثانوى وأخرى ضيقة من اللحاء الثانوى بينهما أسطوانة رقيقة من الكامبيوم الوعائى.

وترجع زيادة الخشب الثانوى عن اللحاء الثانوى الى أن المشتقات الخلوية التي تنتج من بداءات الكامبيوم الوعائى الى الداخل تنقسم بضعة مرات قبل أن تصبح من مكونات الخشب الثانوى.

بتكوين الأنسجة الوعائية الثانوية، يدفع الخشب الابتدائى تدريجيا الى وسط الجذر محاطا بالخشب الثانوى، بينما عناصر اللحاء الابتدائى اما ان تتحطم وتمتص، أو يبقى بعضها متحولا الى ألياف. وقد تتسع عناصر الخشب التالى قليلا وتنضج بعد ابتداء النمو الثانوى.

ولاتعطى أسطوانة الكامبيوم في جميع أجزائها خشبا ولحاء ثانويان، فالبدايات الناتجة عن تكشف خلايا الطبقة المحيطة مقابل أذرع الخشب الابتدائى، تنشط كخلايا أشعة فينتج عنها أشعة وعائية Vascular rays واسعة تسمى الأشعة النخاعية Medullary rays تمتد خارجيا خلال الخشب الثانوى واللحاء الثانوى. وتتركب الأشعة النخاعية من بضعة صفوف Multiseriate من خلايا بارنيكيمية تمتد قطريا على استقامة حزم الخشب الابتدائى، ويكون عددها مماثلا لعدد حزمه. وتقوم بدايات شعاعية أخرى بتكوين أشعة ضيقة، أقل اتساعا من الأشعة النخاعية تمتد قطريا داخل الخشب واللحاء الثانويان تسمى الأشعة الوعائية الثانوية Secondary vascular rays. باستمرار النمو الثانوى، يحدث ضغط داخلى على الأنسجة الخارجية للجذر بما فيها الاندودرمس والقشرة والبشرة.

ويتكون البريدرم Periderm الأول في الجذور نتيجة لنشاط الكامبيوم الفلينى Phel-logen الذي ينشأ عادة خارجيا في خلايا الطبقة المحيطة غير المشتركة في تكوين الكامبيوم الوعائى. ويقوم الكامبيوم الفلينى بتكوين فلين الى الخارج، وقد يتكون عنه قشرة ثانوية Phelloderm الى الداخل. بعد تكوين الفلين تموت الأنسجة الخارجية، والاندودرمس والقشرة والبشرة، وتنسلخ، ويصبح الجذر مغطى بطبقة ناعمة من الفلين تنتشر عليها العديسات كبقع مستطيلة.

في بعض الأنواع الخشبية، يؤدى استمرار النمو الثانوى الى تكوين رايتيدوم Rhytidome نتيجة للتكوين المستمر للبريدرم الجديد في طبقات أعمق فأعمق حتى تصل الى بارنكيما اللحاء الثانوى. والأنسجة الميتة للرايتيدوم في الجذور تكون ضئيلة نظرا للتحلل السريع لهذه الأنسجة في التربة الرطبة.

في بعض النباتات، مثل الداتورا Datura ينشأ الكامبيوم الفلينى سطحيا في طبقة

القشرة التي تلي البشرة، وبذلك تبقى القشرة والاندودرمس في الجذر. وفي نباتات أخرى، كما في جنس العسول Salicornea ينشأ البريدرم في طبقة أكثر عمقا في القشرة.

ويختلف مقدار الأنسجة الثانوية بختلاف النبات بدرجة تظهر فروقا واضحة بينها. قد يكون الخشب الثانوى ضئيلا بينما اللحاء الثانوى متسعا، كما قد تكون القشرة الثانوية واسعة وتخزن النشا. وقد تكون الأشعة الوعائية النخاعية واسعة بدرجة ملحوظة أو ضئيلة.

في النباتات الخشبية، تتكون أنسجة وعائية ثانوية في كل فصل نمو، ويكون مقدار الخشب الثانوى أكبر بضع مرات من اللحاء الثانوى. ويظهر الخشب الثانوى في صورة حلقات سنوية Annual rings في القطاعات العرضية للجذر. وخلال النمو الثانوى، يزداد محيط أسطوانة الكامبيوم الوعائى نتيجة للانقسامات القطرية التي تحدث في خلاياها والاتساع المماسى للخلايا الناتجة.

التحول الوعائى بين الجذر والساق

VASCULAR TRANSITION BETWEEN ROOT AND STEM

يتكون من الجذر والساق محور واحد يمتد فيه الجهاز الوعائى، ومع هذا، فان هذا الجهاز الوعائى يختلف تركيبة في كل من الجذر والساق. فالحزم الوعائية في الساق من النوع الجانبى Collateral bundles. والخشب واللحاء يوجدان على نصف قطر واحد، بينما في الجذر تكون الحزم قطرية Radial bundles تتبادل فيه حزم الخشب الابتدائى مع اللحاء الابتدائى. والخشب الأول في الساق يكون داخليا بينما يكون خارجيا في الجذر. ومن ناحية أخرى، فان الحزم الوعائية في الساق توجد في موقع خارجى بينما في الجذر توجد في الوسط.

ولكى يتم الاتصال الوعائي بين الجذر والساق، فلابد من حدوث تحول في ترتيب وتنظيم الأنسجة الوعائية من طراز الجذر الى طراز الساق. هذا التحول يسمى التحول الوعائى Vascular transition ويتم في منطقة من محور النبات تسمى منطقة التحول Transition region وهى غالبا السويقة السفلى Hypocotyl وقد تشمل بعض السلاميات القاعدية من الساق فوق الفلقتان كما في البازلاء Pisum sativum. وبذلك يكون جزء من الساق محتويا على حزم تكوم مقلوبة جزئيا. وقد توجد هذه المنطقة في الجزء القاعدى من السويقة أو في منتصفتها أو في جزئها العلوى. وتكون منطقة التحول الوعائى قصيرة تتراوح بين أقل من ملليمتر الى بضعة ملليمترات، وفي حالات نادرة، قد يصل طولها الى بضعة سنتيمترات. ومنطقة التحول العليا توجد عادة في السويقة السفلى الطويلة بينما

السفلى توجد في السويقة القصيرة. وفي الأجنة المختزلة، كما في الأوركيد Orchid وبعض النباتات المتطفلة Parasitic plants لاتكون السويقة الجنينية السفلى واضحة. وفي بعض الأنواع، تشترك السويقة السفلى مع جزء من الساق والجذر، في تكوين عضو تخزين للغذاء كما في بنجر السكر Beta vulgaris والجزر Daucus Carota. وفي بعض النباتات تكون السويقة السفلى أقل قطرا من الجذر، وقد تكون قصيرة جدا لدرجة لايمكن تميزها. وقد يمكن مشاهدة منطقة التحول من الخارج بوجود انخفاض أو تغير في السمك.

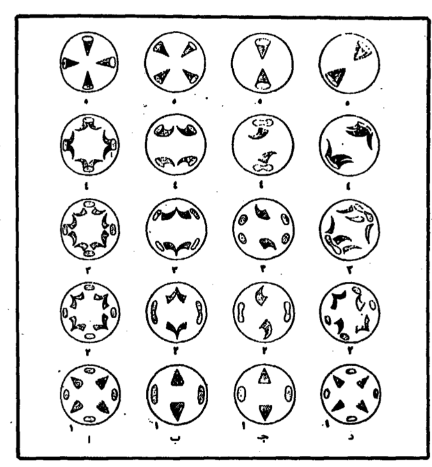
يتوقف نظام التحول من الجذر الى الساق على تركيب محور الجذر من حيث كونه ثنائى أو عديد الحزم، وفي الساق حيث تكون الحزم الوعائية جانبية أو ذات جانبين. كما يتوقف أيضا على نوع الأنبات اذا كان أرضيا أو هوائيا. ومهما كان نظام التحول الوعائى فان النقطة الهامة تتركز في اعادة توجيه الأنسجة الوعائية الابتدائية حتى يتحقق استمرار الاتصال الوعائى بين الجذر والساق. أما الأنسجة الأخرى، وهى البشرة والقشرة، فإنها تتصل ببعضها اتصالا مباشرا.

وعند التحول من الجذر الى الساق، تحدث زيادة ملحوظة في سمك الأسطوانة الوعائية مصحوبة بتضاعف في الأنسجة الوعائية، وانشقاق والتفاف والتحام في الأشرطة الوعائية. وهذه التحولات تحدث طبقا لنظم محددة يكون كل منها ثابتا بالنسبة لنوع النبات (شكل ٩٣).

وتوجد أربعة نظم معروفة للتحول الوعائى:

(١) **النظام الأول:** في هذا النظام تنشق كل حزمة خشب في الجذر قطريا الى نصفين. يلتف الجزءان الناتجان عن كل حزمة خشب أثناء مرورهما الى أعلى أحدهما الى اليمين والآخر الى اليسار. ثم يتم تغيير موضعهما في النهاية على زاوية مقدارها ١٨٠ وفي هذه الحالة يصبح اتجاه الخشب الأول الى الداخل والتالى الى الخارج. ويتصل كل نصف بالسطح الداخلى لحزمة اللحاء القريبة منه التي لم تغير موضعها أو اتجاها، فتمر من الجذر الى الساق دون أى تغير. في هذا النوع يكون عدد الحزم الوعائية في الساق مساويا لعدد حزم اللحاء في الجذر. ويحدث هذا النوع من التحول الوعائى في أجناس مشط الراعى Dipsacus وشب الليل Mirabilis وفيوماريا Fumaria.

(٢) **النظام الثاني:** يحدث هذا النظام في عدد من النباتات مثل القرع Cucurbita والفاصوليا Phaseolus وأبو خنجر Tropaeolum والاسفنذان Acer. وفي هذا



(شكل ٩٣) : رسوم تخطيطية تبين بعض نظم التحول من التركيب الوعائي للجذر الى التركيب الوعائي للساق خلال المنطقة التي يحدث بها هذا التحول. لاحظ أن الجذر الى أسفل والساق الى أعلى، وبينهما خطوات التحول في المستويات المختلفة. الخشب مخطط واللحاء منقط.

النظام تنشق حزم كل من الخشب واللحاء ويصبح عدد الحزم الوعائية في الساق مساويا لضعف عدد حزم اللحاء أو الخشب. وهذا النظام أكثر شيوعا من النظام الأول، ويتميز بانشقاق حزم كل من الخشب الابتدائى واللحاء الابتدائى قطريا. ثم تتباعد الأنصاف عند مرورها لأعلى كما في النظام الأول، وتنحرف جانبيا وينقلب وضعها بحيث تتلاقى أنصاف الخشب مع أنصاف اللحاء على هيئة أزواج دون أن يحدث أى تغير في اتجاه اللحاء.

(٣) **النظام الثالث**: في هذا النظام لاتنشق حزم الخشب بل تستمر في طريقها من الجذر الى الساق مع التفافها ١٨٠ درجة، وحزم اللحاء هي التى تنقسم قطريا، وتتجه الأنصاف الناتجة عن اللحاء ناحية حزم الخشب ويتقابل كل نصف مع نصف آخر ويلتحمان بحزمة خشب من الخارج. في هذا النظام يكون عدد الحزم

النـاتجـة في السـاق مسـاويا لعدد حزم اللحاء في الجذر كما هو الحال في النظام الأول. ويوجد هذا النظام في أجناس البرسيم الحجازى Medicago والبازلاء Lathyrus والنخيل Phoenix.

(٤) **النظام الرابع** : في هذا النظام تنقسم نصف حزم الخشب فقط وتلتحم مع الحزم غير المنقسمـة. وحـزم اللحـاء لاتنقسم، ويكون في الساق عدد الحزم مساويا نصف عدد حزم الجذر من الخشب أو اللحاء.

ويتميز هذا النـظام بأن نصفى حزمـة الخشب يلتقيان أثنـاء حركتهما جانبيا ويتغـير أتجـاههما ويتصلان بحزمة خشب لم تنقسم وذلك بعد أن يتغير اتجاههما ليصبح الخشب الاول داخلى Endarch. وحزم اللحاء لاتنقسم وانما تتحد كل حزمتـين معـا، ثم تلتحـمان بحـزمة خشب من الخارج، وبذلك تتركب الحزمة الـوعائية الجانبية من خمسة أجـزاء، أثنـان منهـا لحـاء وثلاثـة خشـب. وهـذا النـوع نـادر الحدوث.

في الحالات التي يوجد فيها لحاء داخلى في الساق، تنشق أجزاء من حزم اللنحاء في الجـذر عنـد المستوى الذي يبدأ فيه التحول. وهذه الأجزاء تمر تدريجيا للداخل حتى تستقر على الجزء الداخلى من حزم الخشب الجديدة وبذلك تتكون حزما وعائية ذات جانبين.

ومنـطقة التحول الوعائى قد تحدث تدريجيا أو فجائيا، وقد توجد فوق الجذير عند قاعدة السويقة تحت الفلقية Hypocotyl أو في الجزء العلوى منها.

وتبعـا لذلك، فان السويقة تحت الفلقية قد يكون تركيبها مثل الساق أو الجذر خلال معظم امتدادها، أو تنحصر في الجزء العلوى للسويقة تحت الفلقية وجزء من الفلقتين. كثـيرا ما كانت منـطقـة التحـول مصـاحبة لمنطقة منشأ وخروج الحزم الوعائية الخاصة بالفلقات. ونادرا، تمتد منطقة التحول الى العقدة الأولى حتى الرابعة فوق الفلقات، وتبعا لذلك فان جزءا من الساق توجد به حزما وعائية مقلوبة جزئيا.

ولقد بنيت هذه الأنظمة أساسيا على دراسة محور البادرة التي نضجت فيها الأنسجة الوعائية الابتدائية، وهي عبارة عن وحدة Unit تلتف ويتغير اتجاهها وتنقلب أثناء نموها الى أعلا خلال السويقة تحت الفلقية في اتجاه السويقة فوق الفلقية Epicotyl.

الفصل الخامس عشر

التركيب الداخلى للساق

INTERNAL STRUCTURE OF STEM

- التركيب الابتدائي لساق ذوات الفلقتين
- العمود الوعائي
- مسار الورقة
- مسار الفرع
- الثغرة الورقية والثغرة الفرعية
- التركيب الوعائى الشاذ للسيقان الابتدائية في مغطاة البذور
- التركيب الابتدائي لساق القرع
- التركيب الداخلي للساق في ذوات الفلقة الواحدة
- تركيب ساق نبات القمح
- تركيب ساق نبات كشك ألماظ
- النمو الثانوى العادى في ذوات الفلقتين
- النمو الثانوي للسيقان الخشبية ذوات الفلقتين
- النمو الثانوي للسيقان العشبية ذوات الفلقتين

- النمو الثانوي الشاذ في ذوات الفلقتين
- النمو الثانوي في سيقان ذوات الفلقة الواحدة
- الفلين الطبقى
- التئام الجروح
- الكامبيوم والكالوس في التطعيم
- حلقات النمو
- المسـام
- الخشب الرخو والصميمي
- القلف

الفصل الخامس عشر
التركيب الداخلى للســـاق
INTERNAL STRUCTURE OF STEM

من الصفات الظاهرية للساق الابتدائية أنها تتميز الى سلاميات Internodes وعقد Nodes وهى مناطق اتصال الأوراق بالساق. ويختلف ترتيب الأوراق على الساق وعددها عند العقد بإختلاف نوع النبات. فقد توجد ورقة واحدة أو أكثر عند كل عقدة من عقد الساق.

وتتركب الساق الابتدائية من ثلاثة أجهزة نسيجية هى جهاز البشرة Dermal tissue system والجهاز النسيجى الأساس Ground tissue والجهاز الوعائى Vascular tissue system. وتنحصر التنوعات التركيبية بين السيقان في التوزيع النسبى للأنسجة الوعائية والأساسية.

ويظهر الجهـاز الوعائى في الساق في القطاعات العرضية للسلاميات اما في صورة حلقة من خشب ولحاء، أو حلقة من حزم وعائية متقاربة أو متباعدة، أو كحزم وعائية مبعثرة. اذا كان الجهاز الوعائى في صورة أسطوانة جوفاء فانه يكون واقعا بين القشرة والنخاع وهما من النسيج الأساسى، أما اذا كان في صورة أشرطة وعائية تعرف بالحزم الوعائية Vascular bundles فان هذه الحزم يفصلها عن بعضها البعض مناطق ضيقة أو واسعة من النسيج الأساسى البارنكيمى تسمى الأشعة النخاعية Medullary Rays. أما إذا كان الجهـاز الـوعائى في صورة حزم وعائية مبعثرة داخل محيط الساق، فانه يكون متعذرا تحديد كل من القشرة والنخاع.

وتوجد انحرافات أخرى فيما بين النباتات وبعضها البعض تختلف فيما بينها في تميز كل من القشرة والنخاع والجهاز الوعائى. فمثلا، في سيقان بعض ذوات الفلقتين العشبية

مثل كثير من نباتات العائلة القرعية Cucurbitaceae والباذنجانية Solanaceae وبعض ذوات الفلقة الواحدة مثل القمح .Triticum spp والشوفان Avena توجد الحزم الوعائية مرتبة في حلقتين. وفي بعض النباتات مثل البيجونيا Begonia والرواند Rheum والحماض Rumex توجد حزم وعائية مبعثرة في النخاع تسمى الحزم النخاعية Medullary bundles. وأحيانا، توجد الحزم الوعائية في القشرة تسمى الحزم القشرية Cortical bundles. وقد تتكشف أشرطة صغيرة من عناصر وعائية في النسيج الأساسي مثل الأنابيب الغربالية التي توجد في المنطقة التي تقع بين الحزم الوعائية والبشرة في العائلة القرعية -Cucur bitaceae.

التركيب الإبتدائي لساق ذوات الفلقتين

PRIMARY STRUCTURE OF DICOTYLEDONOUS STEM

المرستيم القمى Apical meristem تتكون عنه المرستيمات الابتدائية التي يتكشف عن خلاياها المشتقة جسم النبات الابتدائي. وليس من الممكن اختيار نبات ما يعتبر ساقه نموذجا لتركيب السيقان الابتدائية ذات الفلقتين، حيث يوجد تنوع كبير في تركيبها. ومع هذا، فهناك صفات تركيبية شائعة في سيقان هذه النباتات. والتركيب الداخل للساق الابتدائية للنباتات ذوات الفلقتين تتضمن ثلاث مناطق هى البشرة والقشرة والأسطوانة الوعائية.

١ - البشرة Epidermis

هى الغطاء الخارجى للساق فيما عدا فتحات الثغور، وتتركب من صف واحد من خلايا بارنكيمية Parenchyma مستطيلة نوعا في اتجاه المحور الطولى للساق. وتغطى البشرة من الخارج بطبقة أدمة Cuticle. وتحتوى البشرة على ثغور يختلف مدى توزيعها من نبات الى آخر. في بعض النباتات تنمو من بعض خلايا البشرة زوائد يختلف تركيبها ووظيفتها من نبات الى آخر. ولاتوجد بلاستيدات خضراء الا في الخلايا الحارسة للثغور وفي خلايا بشرة النباتات المائية ونباتات الظل. وتحتوى خلايا البشرة على بلاستيدات عديمة اللون.

وخلايا البشرة حية، بالغة، تتميز بقدرتها على الانقسام القطرى والنمو في الاتجاه المماسى، وبذلك يزداد محيط البشرة فتستطيع مسايرة النمو في الانسجة الداخلية للساق. وقد يتكون الكامبيوم الفلينى Phellogen في خلايا البشرة كما في أجناس الورد Rosa والصفصاف Salix والدفلة Nerium. وتنشأ البشرة في الساق من الطبقة الخارجية للتيونيكا Tunica وهى نسيج ابتدائى.

٢ ـ القشـرة Cortex

تنشأ القشرة من الكـوربس Corpus تبعا لنظرية الغلاف والبدن Tunica - corpus وهى عبارة عن الجزء الخارجى من النسيج الأساسى الذي تحيط به البشرة وتمتد حتى حدود الأسطوانة الوعائية. ويبلغ سمك القشرة عدة طبقات من الخلايا يختلف عددها تبعـا لنـوع النبـات، وهى أقل من سمك القشرة في الجذر وأقل تجانسا منها. وتتألف القشرة أساسا من خلايا بارنكيمية، غير أنه في كثير من السيقان، يتركب جزء القشرة الخارجى من خلايا كولنكيمية تحتوى عادة على بلاستيدات خضراء، وتترتب الخلايا في هيئة أسطوانة كاملة من بضعة صفوف، وكثيرا توجد كأشرطة منفصلة في أركان السيقان المضلعة والحواف البارزة.

والجـزء الأكـبر الـداخـلى من القشرة يتـألف من خلايا بارنكيمية تحتوى عادة على بلاستيدات خضراء. جدر هذه الخـلايا رفيعة بينها مسافات بينية واضحة. قد تحتوى الخلايا البارنكيمية على حبيبات نشا أو بلورات من أكسالات الكالسيوم أو الدباغ. وقد يوجد بالقشرة تجاويف زيتية أو قنوات راتنجية أو خلايا مخاطية، أو تراكيب حليب نباتى في النباتات المنتجة لهذا النوع من المواد المفرزة.

وتحديد القشرة في الساق من الأسطوانة الوعائية يعتبر أمرا صعبا أو متعذرا اذا كانت الـطبقـة الداخلية من القشرة غير متميزة بصفات تركيبية خاصة. فمثلا، في كثير من النبـاتات الحديثة من ذوات الفلقتين مثل الفاصوليا Phaseolus والكتان Linum توجد طبقة تحتوى خلاياها على كميات وفيرة من حبيبات النشا بدرجة تزيد كثيرا عما يجاورها من خلايا القشرة، ولذلك تسمى الغلاف النشوى Starch sheath. وقد يتركب الغلاف النشوى، أحيانا، من أكثر من طبقة خلوية، وقد يكون كاملا أو متقطعا.

وفي عدد من النبـاتات ذوات الفلقتين، تتميز الطبقة الداخلية من القشرة بصفات تركيبية في جدر خلاياهـا. أهم هذه الصفـات تتركـز في ترسيب شريط من مادتى السوبرين واللجنين على الجدر القطرية والعرضية والذي يسمى شريط كاسبرى Caspa-rian strip كما هو الحـال في خلايا الانـدودرمس في الجـذر. في بعض أنواع النباتات، تصبح جميع جدر الخلايا مسوبرة. هذه الطبقة تعرف باسم الاندودرمس Endodermis. يوجد الاندودرمس في كثير من سيقان النباتات العشبية وفي النباتات المائية والريزومات. ولايوجـد الانـدودرمس في السيقـان الخشبية. ولهذا يعتبر الاندودرمس في الساق، ان وجد، مكونا من طبقة أو أكثر تقع بين المنطقة الوعائية والقشرة، وتتميز خلاياه بصفات تركيبية مميزة.

٣ ــ الطبقة المحيطة Pericycle

في بعض النباتات ذات الفلقتين مثل القرع Cucurbita والبلارجونيوم Pelargonium وبعض نباتات العائلة القرنفلية Caryophyllaceae توجد أسطوانة كاملة من بضعة صفوف من الألياف تقع خارج الأسطوانة الوعائية. قد تتكون هذه الأسطوانة من الاسكلريدات كما في الفلوكس Phloex والكاسيا Cassia. هذه العناصر الميكانيكية التي تقع فيما بين الحدود الداخلة للقشرة والجزء الخارجى من اللحاء الابتدائى تسمى الطبقة المحيطة Pericycle. بالاضافة الى الأسطوانة الكاملة من الألياف او الأسكلريدات، فان الطبقة المحيطة قد توجد في هيئة أسطوانة كاملة أو متقطعة من ألياف مختلفة مع اسكلريدات، أو في هيئة أسطوانة متقطعة من الألياف. قد توجد أى من هذه الطرز في النوع الواحد لاسيما في السيقان مختلفة العمر. هذه الألياف قد تنشأ من نفس المرستيم الذي نشأ منه اللحاء كما في البلارجونيوم أو من نسيج خارج اللحاء الى الداخل من الغلاف النشوى كما في القرع وأرستولوكيا Aristolochia. في أرستولوكيا توجد ألياف البريسيكل في صورة أسطوانة كاملة قد يتكون من هذه الألياف مجاميع منعزلة خارج لحاء كل حزمة وعائية كما في الكتان Linum.

وفي معظم النباتات ذات الفلقتين تكون الطبقة المحيطة غير موجودة كما هو الحال في الاندودرمس، ولاتوجد غالبا طبقة فاصلة للقشرة عن الأنسجة الوعائية.

وفي كثير من النباتات، وجد أن اللحاء الأول Protophloem يتكشف بجوار الطبقة الداخلية من القشرة، وبذلك لاتوجد طبقة تفصل القشرة عن الأنسجة الوعائية. والعناصر الغربالية في اللحاء الأول لاتلبث أن تطمس وتندثر بينما العناصر المتبقية تتكشف الى ألياف. ولهذا، تتركب الحدود الخارجية للانسجة الوعائية من ألياف هى جزء من اللحاء.

٤ ــ النسيج الوعائى Vascular Tissue

النسيج الوعائى في الساق يمثل جزءا رئيسيا من الجهاز الوعائى الابتدائى للنبات. ويتكشف النسيج الوعائى الابتدائى من الكامبيوم الأول Procambium كأحد مشتقات المرستيم القمى. يأخذ الكامبيوم الأول الصورة التي تحدد شكل النسيج الوعائى الذي يتكشف عنه. وفي بعض النباتات، يوجد الكامبيوم الأول في صورة أسطوانة مصمته، وفي أخرى كأسطوانة جوفاء، وفي غيرها على صورة حزم أو أشرطة متقاربة أو متباعدة. وينشأ الكامبيوم الأول قريبا من قاعدة المرستيم القمى للساق.

يحدث تكشف العناصر الوعائية الابتدائية في الساق في الاتجاه العرضى، الخشب

الابتدائى الى الداخل من الكامبيوم الاول بينها اللحاء الابتدائى الى الخارج. في الخشب الابتدائى، يتكشف الخشب الأول Protoxylem داخليا Endarch أى يبدأ من الداخل نحـو الخارج، أما اللحاء الأول Protophloem فان تكشفه يكون خارجيا أى يبدأ من الخـارج ويتجـه نحـو الداخل. وفي سيقان النباتات ذات الفلقتين، لاتتكشف خلايا الكـامبيوم الأول جميعهـا الى لحاء وخشب، بل يتبقى جزء وسـطى يسمى الكـامبيوم الحزمى Fascicular cambium. وينضج الخشب الأول واللحاء الأول قبل أن يستكمل السـاق نمـوه، كما أن نضـج العنـاصر الـوعـائية الأولى في شريط الكامبيوم الأول أو الأسطوانة قد يحدث بينما يكون البروكامبيوم في مرحلة الانقسام النشط، أو قد تحدث بعـد أن يكون الكامبيوم الأول قد استكمل معظم انقساماته واستكمل الشكل الذي يوجد عليه النسيج الوعائى.

طبقـا للصـور التي يوجـد عليهـا الكامبيوم الأول والذي ينشأ منه النسيج الوعائى الابتدائى في الساق، فان هذا الأخير قد يوجد في صورة أسطوانة من أشرطة منفصلة تتركب أساسا من انسجة وعائية ابتدائية تمتد طوليا في الساق كل منها يسمى حزمه وعائية جانبية Collateral vascular bundle تنفصل عن بعضها بمناطق من خلايا بارنكيمية. وكثير من ذوات الفلقتين العشبية تتركب حزمها من أنسجة معظمها ابتدائية..

وفي بعض النبـاتات تبدو هذه الأسطوانة كاملة لاقتراب الحزم الوعائية من بعضها البعض. وفي معظم السيقان ذات الفلقتين تترتب الأنسجة الوعائية في صورة أسطوانة كاملة من الخشب يحيط بها أسطوانة أخرى من اللحاء.

ويتنـوع ترتيب النسيجـان الـوعـائيان الابتـدائيان، الخشب الابتـدائى واللحـاء الابتدائى، في الحزم الوعائية في سيقان النباتات مغطاة البذور.

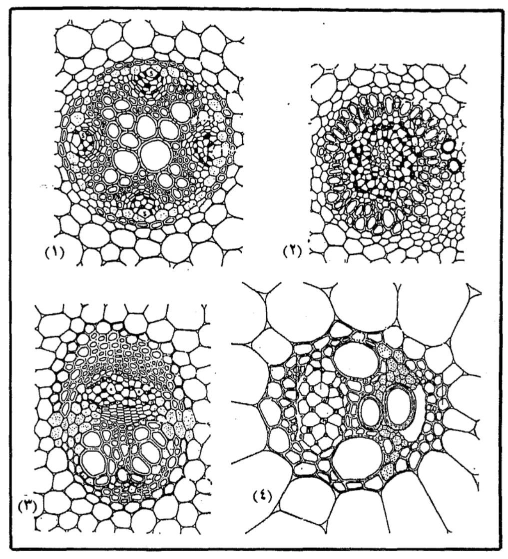
ولقـد أدى ذلـك التنـوع الى وجود أنواع مختلفة من الحزم الوعائية في مغطاة البذور (شكل ٩٤) منها:

١ - الحزم الوعائية الجانبية المفتوحة Open Collateral Bundles

وهي أكثـر أنـواع الحـزم الوعائية شيوعا في سيقان النباتات ذات الفلقتين. تتألف الحـزمـة من لحاء ابتدائى خارجى وخشب بجانبه الى الداخل على نصف قطر واحد، ويمتد بينهما طبقة متبقية عن الكامبيوم الأول تسمى الكامبيوم الحزمى Fascicular cambium.

٢ - الحزم الوعائية المفتوحة ذات الجانبين Open Bicollateral Bundles

هذه الحـزم ليست شائعة في مغطاة البذور، وفيها يوجد لحاء خارجى ابتدائى على



(شكل ٩٤): قطاعات عرضية في حزم وعائية متنوعة التركيب.

١ ــ حزمة وعائية قطرية في الجذر
٢ ــ حزمة وعائية مركزية اللحاء
٣ ــ حزمة وعائية جانبية مفتوحة
٤ ــ حزمة وعائية جانبية مقفولة

الجانب الخارجي للخشب، وآخر على الجانب الداخلي للخشب الابتدائي يسمى اللحاء الداخلي Intérnal phloem تمييزا له عن اللحاء الخارجي العادى. الكامبيوم الحزمى يوجد بين اللحاء الخارجي والخشب. ويوجد هذا النوع في بعض العائلات النباتية مثل القرعية Cucurbitaceae والعلاقية Convolvulaceae. في بعض الأحيان،

ينشأ عن اللحاء الداخلى أشرطة منفصلة في الجزء الخارجى من النخاع، وبالتالى لايستخدم مصطلح ذات الجانبين في هذه الحالة ولايرتبط هذا اللحاء بالخشب أو اللحاء الخارجى ارتباطا وثيقا.

وتحتوي كثير من الحزم الجانبية على ألياف خارج اللحاء الابتدائى على شكل غطاء Bundle cap يفصل الحزمة عن القشرة في الساق وهى ألياف ناتجة عن اللحاء الأول، كما في الكتان Linum وتباع الشمس Helianthus. وتسمى هذه الألياف أحيانا، ألياف الطبقة المحيطة Pericyclic Fibers. وفي حالات قليلة من النباتات العشبية ذوات الفلقتين Herbaceous dicotyledons لاتحتفظ الحزمة الوعائية بالكامبيوم الأول بعد أن تنضج الأنسجة الوعائية الابتدائية، وبذلك تفقد الحزمة قدرتها على استمرار النمو، كما في شقائق النعمان Ranunculus.

٣ - الحزم الوعائية المركزية Concentric Vascular Bundles

في هذه الحزم يكون أحد النسيجين الوعائيين محيطا بالآخر. وتصنف هذه الحزم إلى نوعين:

أ - *مركزية اللحاء أو محيطية الشيء* Amphivasal Bundles

وفيها يكون اللحاء في الوسط يحيط به الخشب. هذه الحزم نادرة، وتوجد في الحزم الوعائية النخاعية Medullary Bundles في سيقان بعض النباتات ذات الفلقتين كما في البيجونيا Begonia والحماض Rumex.

ب - *مركزية الخشب أو محيطية اللحاء* Amphicribral Bundles

وهذه الحزم نادرة، الخشب يكون مركزيا يحيط به اللحاء. وتكون الحزم الصغيرة في الأزهار والبويضات، كثيرا مركزية الخشب.
وفي القطاعات العرضية، قد تكون الحزم المركزية دائرية أو بيضاوية الشكل، أو مقوسة أو مفصصة.

ويتألف الخشب الابتدائى من أوعية Vessels وقصيبات Tracheids وبارنكيما خشب Wood parenchyma وألياف. واللحاء الابتدائى في الحزمة الوعائية، يتألف من أنابيب غربالية Seive tubes وخلايا مرافقة Companion cells وخلايا بارنكيمية هي بارنكيما اللحاء Phloem Parenchyma بالاضافة إلى الألياف Fibers.

وقد يختلف تركيب الحزمة الوعائية في الأجزاء المختلفة من امتدادها، ولقد وجدت أشكالا انتقالية بين الحزم الجانبية Collateral bundles ومركزية اللحاء. وفي نوع متميز من الحزم الوعائية يظهر الخشب الابتدائي في القطاع العرضى على شكل حرف V

ويوجد اللحاء بين الذراعين كما في شقائق النعمان Ranunculus.

٤ - النخاع Medulla or Pith

يشغل النخاع الجزء الأوسط من الساق ويمثل الجزء الداخلي من النسيج الأساسي في سيقان النباتات ذات الفلقتين التي تكون الحزم الوعائية فيها موجودة على هيئة حزم مرتبة في حلقة وسط الساق. ويتركب النخاع بصفة أساسية، من خلايا بارنكيمية خالية من البلاستيدات الخضراء، ذات جدار رقيق، توجد بينها مسافات بينية واضحة. أحيانا تصبح جدر هذه الخلايا ملجننة كما في جنس Lobelia. وقد توجد تجمعات من اسكلريدات متناثرة في النخاع. كثيرا تحتوى بارنكيما النخاع على حبيبات نشا مخزونة وبلاستيدات غير ملونة، وقد يوجد بها مواد مخاطية أو دباغ أو بللورات من أكسالات الكالسيوم. وقد توجد تراكيب حليب نباتي وخلايا افرازية في النخاع.

الجزء الخارجي من النخاع قد يكون مميزا عن الداخلي حيث تكون خلاياه أصغر حجما، وجدرها أكثر سمكا وأكثر تلاصقا. هذا الجزء يسمى الغلاف النخاعي Medullary Sheath وقد تكون خلاياه بارنكيمية كما في عائلة البنجر (الرمرامية) Chenopodiaceae أو يكون اسكلرنكيمي كما في العائلة الخيمية Apiaceae والمركبة Asteraceae وفي بعض العائلات مثل العلاقية Convolvulaceae والسوسبية Euphorbiaceae يحتوى غلاف النخاع على تجمعات صغيرة من أنابيب غربالية موزعة على مسافات غير منتظمة من بعضها البعض. وقد يحتوى النخاع، في جزئه الوسطى، على حزم وعائية تسمى الحزم النخاعية Medullary bundles كما في العائلة الفلفلية Piperaceae والشقيقية Ranunculaceae. وهذه الحزم تكون عادة مركزية اللحاء Amphivasal كما في ساق نبات البيجونيا Begonia والحماض Rumex.

ويمتد قطريا، بين النخاع والقشرة، أشرطة عريضة أو ضيقة من خلايا بارنكيمية تقع بين الحزم الوعائية تسمى الأشعة النخاعية Medullary rays. وفي كثير من النباتات العشبية، مثل الفول Vicia والكتان Linum والقرع Cucurbita تتحطم خلايا النخاع وتتلاشى خلال نمو النبات، وتصبح الساق مجوفة فيما عدا مناطق العقد.

العمـــود الوعـــائي STELE

العمود الوعائي أو الأسطوانة الوعائية Vascular Cylinder هو المنطقة التي تشغل الجزء الأوسط من الساق وتضم الأنسجة الوعائية والأشعة النخاعية Pith rays والنخاع Pith ان وجد، والثغرات الورقية Leaf gaps وبعض النسيج الأساسي الموجود حول الأنسجة الوعائية من الخارج والذي يعرف بالطبقة المحيطة Pericycle أن وجدت.

ونظرا للاختلافات التركيبية في الجهاز الوعائى الابتدائى، فقد عرفت بضعة أنواع من الأعمدة الوعائية (شكل ٩٥) منها:

(١) العمود الوعائى الأولى Protostele

وهو أبسط أنواع الأعمدة الوعائية، ويعتبر النوع البدائى الذي اشتقت منه الأنواع الأخرى أثناء مراحل التطور في النباتات الوعائية Vascular plants. هذا العمود عبارة عن أسطوانة من الجهاز الوعائى المصمت الذي لايوجد بوسطة نخاع. وفي أبسط أنواع العمود الأولى يشغل الخشب الجزء الأوسط من العمود يحيط به اللحاء. ويتميز الجزء الوعائى في القطاع العرضى بأنه دائرى الشكل أو مفصص أو نجمى. الخشب بسيط التركيب، ومتجانس. ويوجد العمود الوعائى الأولى في النباتات الوعائية الأولية مثل جنس ليكوبوديوم Lycopodium حيث يتركب الخشب من قصيبات Tracheids فقط وبعض النباتات السرخسية Pteridophytes وبعض مغطاة البذور المائية. والعمود الوعائى الأولى يعتبر نموذجا للأسطوانة الوعائية لجذور كثير من مغطاة البذور الخالية من النخاع.

(٢) العمود الوعائى النخاعى Siphonostele

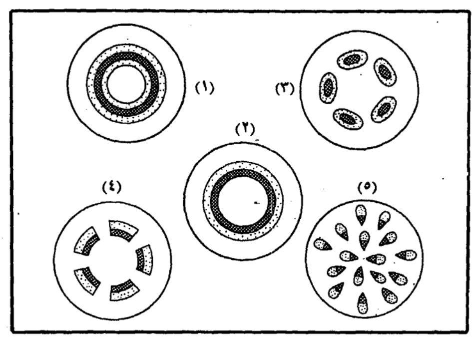
يختلف هذا النوع عن العمود الأولى في وجود نخاع في الوسط، وهو مشتق من العمود الأولى ويعتبر أرقى تطورا منه، وهو عادة مستدير في القطاع العرضى، وتتميز به النباتات السيكادية Cycads وكثير من السراخس Ferns وهذه النباتات تنتمى الى مجموعة النباتات التيريدية Pteridophyta من النباتات الوعائية Tracheophyta.

يوجد نوعان من العمود الوعائى النخاعى الأنبوبى أحدهما خارجى اللحاء حيث يوجد اللحاء خارج الخشب فقط Ectophloic siphonostele أى العمود النخاعى خارجى اللحاء، تتميز به سوق عاريات البذور Gymnospermae.

النوع الثاني يوجد فيه اللحاء خارج الخشب والى الداخل منه ويسمى Amphipholic siphonostele أى محيطى اللحاء كما في معظم السراخس وبعض مغطاة البذور لاسيما العشبية.

وعندما يتشقق العمود الوعائى النخاعى تتكون مجموعة من الأشرطة الوعائية توجد بينها أشرطة من خلايا بارنكيمية كل منها عبارة عن حزمة وعائية مركزية الخشب، عرف هذا العمود باسم العمود النخاعى الشبكى Dictyostele كما في كزبرة البئر Adiantum.

ويوجد تحور آخر في العمود النخاعى الشبكى يعرف بالعمود الوعائى الحقيقى -Eus tele ويوجد هذا النوع في عاريات البذور Gymnospermae ومغطاة البذور من ذات



(شكل ٩٥): رسوم توضيحية للأعمدة الوعائية النخاعية المختلفة.

(١) عمود وعائى نخاعى مزدوج اللحاء لحاء خارجى وأخر داخلى
(٢) عمود وعائى نخاعى خارجى اللحاء.
(٣) عمود وعائى نخاعى من حزم وعائية مركزية الخشب.
(٤) عمود وعائى من حزم وعائية جانبية مقفلة
(٥) عمود وعائى من حزم جانبية مبعثرة
لاحظ أن الخشب من خطوط متقاطعة بينما اللحاء منقط.

الفلقتين ـ Dicotyledons . في هذا النوع يتركب الجهاز الوعائى من حزم جانبية أو ذات جانبين، وفيه تكون المناطق بين الحزم الوعائية Interfascicular regions غير محددة من بعضها البعض. وأكثر صور هذا النوع تعقيدا، ذلك الذي يحتوى على حزم وعائية مبعثرة كما في سيقان ذوات الفلقة الواحدة، ويعرف بالعمود الوعائى غير المنتظم Atac-tostele.

مســـار الورقـــة LEAF TRACE

تعبر الساق الابتدائية الى الورقة، عند كل عقدة، حزمة وعائية أو أكثر تمثل امتدادات من الأسطوانة الوعائية للساق. تحتفظ هذه والحزم باستقلالها خلال امتدادها بين الأسطوانة الوعائية للساق وقاعدة الورقة. الحزمة الوعائية في الساق التي تمتد بين الأسطوانة الوعائية وقاعدة الورقة تسمى مسّار الورقة Leaf trace.

يمتد مسار الورقة في نسيج القشرة بالساق بين قاعدة الورقة عند العقدة والمنطقة التي يندمج عندها مع جزء من الأسطوانة الوعائية للساق. ويتعذر تحديد موضع خروج مسار الورقة بدقة كافية نظر لأنه يمثل امتدادا من النسيج الوعائى الابتدائى للساق. ويمتد مسار الورقة كحزمة وعائية مستقلة خلال سلامية واحدة أو أكثر ابتداء من منطقة اتصال المسار بالأسطوانة الوعائية للساق حتى منطقة انحنائه الى الورقة. وقد تلتحم الحزم الوعائية معا أو تتفرع خلال مسارها في نسيج القشرة في الساق وبذلك يتغير عدد الحزم الداخلة في الورقة. ويبدأ الجزء الوعائى للورقة عند قاعدتها ويمتد الى النصل، وقد يحدث التحام أو تفرع للحزم الوعائية في قاعدة الورقة أو عنقها.

ويتراوح عدد المسارات الورقية بين واحد وثلاثة أو خمسة وقد يزيد عن ذلك تبعا لنوع النبات في مغطاة البذور، وأكثرها شيوعا ثلاث كما في العائلة الوردية Rosaceae والمركبة Asteraceae. وتتميز العائلة الشفوية Lamiaceae والغارية Lauraceae بأن لنباتاتها مسار ورقة واحد.

يعتبر عدد المسارات ثابتا بالنسبة للنوع الواحد، وكثيرا يكون كذلك في العائلة. لايرتبط عدد المسارات الورقية بحجم ونوع الورقة أو فترة حياتها. فمثلا، نبات لسان العصفور Fraxinus وهو من النباتات ذات الأوراق الكبيرة، يوجد للورقة مسار وعائى واحد بينما في الجوز Juglans الورقة لها ثلاثة مسارات. وقنابات الصفصاف Salix صغيرة وسريعة التساقط لها ثلاثة مسارات، وفي العائلية الخيمية Apiaceae توجد للورقة بضعة مسارات. والحزم الخاصة بالأذينات عبارة عن فروع من الحزم الواصلة للأوراق.

مسار الفــــرع BRANCH TRACE

تتكون فروع الساق عن براعم ابطية تنشأ في آباط الأوراق عند العقد. ويوجد اتصال وعائى لهذه الأفرع بساق النبات الرئيسية. جزء النسيج الوعائى الابتدائى الذي يوجد ممتدا بين قاعدة الفرع والأسطوانة الوعائية في الساق يسمى مسار الفرع.

عادة، يوجد مساران وعائيان لكل فرع في ذوات الفلقتين يصلان النسيج الوعائى في الفرع بالأسطوانة الوعائية في الساق. بعض النباتات يكون لأفرعها مسار واحد، وغيرها أكثر من مسارين، وكما هو الحال بالنسبة لمسار الورقة، فان مسار الفرع يكون ممتدا داخل الساق ويندمج مع الجهاز الوعائى الابتدائى، وبذلك تصبح أجزاء النبات مرتبطة ببعضها البعض عن طريق الجهاز الوعائى الابتدائى.

الثغرة الورقية والثغرة الفرعية LEAF AND BRANCH GAPS

عند انحناء مسار الورقة الى الخارج في منطقة العقدة، تتكشف فوق مستوى خروج

المسار مباشرة منطقة محدودة من خلايا بارنكيمية بدلا من النسيج الوعائى تعرف باسم ثغرة الورقة Leaf gap. في هذه المنطقة تصبح القشرة عندها متصلة بالنخاع. ولاتسبب هذه الثغرات أى اختلال في استمرار الجهاز الوعائى في المحور حيث تحدث الاتصالات بين الأنسجة الوعائية أعلى وأسفل الثغرات. وتظهر الثغرة الورقية كمنطقة بين حزمية واسعة نوعا في القطاع العرضى اذا كان في مستواها في الساق.

في حالة مسار الفرع Branch trace تسمى الثغرة فرعية Branch gap وتوجد في الجهاز الوعائى للمحور الأصلى أعلى ثغرة الورقة في نفس العقدة. وأحيانا، قد يواجه مسار الورقة ومسار الفرع ثغرة واحدة في الجهاز الوعائى للمحور. وتوجد ثغرات الفروع في النباتات الوعائية التي لها نخاع.

تختلف الثغرات الورقية كثيرا من حيث اتساعها، وليس هناك علاقة بين حجم الثغرة الورقية وحجم الورقة، وهى في مغطاة البذور تكون عادة صغيرة وممتدة الى مسافة قصيرة. وثغرة الفرع تكون عادة أكبر من الثغرة الورقية.

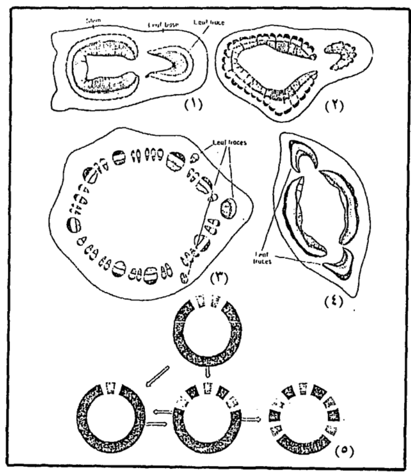
وتستخدم مصطلحات خاصة توضح أشكال العقدة في سيقان النباتات ذات الفلقتين تبعا لعدد الثغرات والمسارات (شكل ٩٦). يتضح ذلك مما يأتى:

(١) عقدة وحيدة الثغرة والمسار الورقى One-trace unilacunar node
(٢) عقدة وحيدة الثغرة ذات مسارين ورقيين Two-trace unilacunar node
(٣) عقدة بها ثلاث ثغرات وثلاثة مسارات ورقية حيث يوجد مسار وسطى واثنان جانبيان. Three-trace trilacunar node
(٤) عقدة عديدة الثغرات والمسارات الورقية Many-trace multilacunar node

وفي كثير من النباتات ذات الفلقة الواحدة، تكون الورقة ذات غمد مغلف أو قاعدة، والعقد فيها تكون عديدة المسارات الورقية التي تكون منفصلة عن بعضها ومرتبة حول محيط الساق.

وتختلف الثغرات الورقية من حيث اتساعها وارتفاعها، بالاضافة الى عدم ارتباط حجم الورقة بحجم الثغرة الورقية.

والجهاز الوعائى للأذينات ينتج عن المسارات الورقية الجانبية بعد أن تترك العمود الوعائى. وفي حالة اتصال الأذينات بعنق الورقة، فان ومساراتها تخرج من مسارات الورقة بعد دخولها عنق الورقة. ومسارات الأذينات، فيما عدا الأذينات الورقية، عبارة عن حزم وعائية صغيرة، والخشب فيها قليل العناصر الوعائية، واللحاء بسيط قد يتركب من خلايا بارنكيمية.



(شكل ٩٦): أشكال توضيحية للعلاقة بين الجهاز الوعائى للورقة والساق. (١-٤) قطاعات عرضية في عقدة ساق حديث

(١) الكافور ـ عقدة وحيدة الثغرة ووحيدة المسار الورقى، (٢) نبات الغار، عقدة وحيدة الثغرة ووحيدة المسار الوعائى، (٣) عقدة ثلاثية الثغرات ذات ثلاثة مسارات ورقية في نبات الأراولا.

(٤) عقدة وحيدة الثغرة. أوراق متقابلة كل منها وحيد المسار الوعائى في نبات القرنفل.

(٥) أشكال توضيحية للطرق الممكنة لتطور تكوين الجهاز الوعائى في ذوات الفلقتين.

التركيب الوعائى الشاذ للسيقان الابتدائية في مغطاة البذور
ANOMALOUS VASCULAR STRUCTURE OF PRIMARY STEMS IN ANGIOSPERMS

يختلف التركيب الوعائى في سيقان بعض النباتات مغطاة البذور عن التركيب العادى، ولهذا يعتبر شاذا. ومن أمثلة هذه الحالات:

١ ـ في نبات الجهنمية Bougainvillea والأنيمون Anemone تكون الحزم الوعائية

مبعثرة في النسيج الأساسى كما في ذوات الفلقة الواحدة.

٢ ــ وجـود حزم نخـاعية مبعثـرة في النخـاع، بالاضافة الى أسطوانة الحزم الوعائية العادية كما في العائلة الفلفلية Piperaceae وهى غالبا حزم محيطية الخشب Am-phivasal bundles.

٣ ــ نبات ياسمين الليل Nyctanthes الساق فيه مربعة، توجد حزم قشرية Cortical bundles في كل مـن أركـان السـاق، تكـون معكوسـة الوضـع، الخشـب فيهـا خارجـى بينمـا اللحـاء داخلـى. وفي نبـات فلفل كاروليَنا Calycanthus توجد حزم قشـرية عـادية.

تركيب ساق نبات القرع STRUCTURE OF SQUASH STEM

السـاق الحـديثـة في نبات القرع خماسية الأضلاع يظهر فيها خمسة بروزات ومثلها تجاويف، وهى جوفـاء عنـد النضـج. بشرة السـاق وحيدة الصف Uniseriate تكسو خلاياهـا من الخارج طبقة أدمة Cuticle رقيقة ناعمة. تحتوى البشرة على ثغور عددها حوالى ٢٠ ثغر في المليمتر المربع. توجد ثلاثة أنواع من الشعور تنمو من البشرة، شعور وحيدة الخلية حادة القمة، قصيرة العنق وطويلة العنق، عديدة الخلايا، غدية.

والقشرة *Cortex* عديدة الطبقات، تتميز فيها ثلاث مناطق هي:

أ - يوجـد الى الـداخـل من البشرة، طبقة من خلايا كولنكيمية Collenchyma يبلغ سمكها بضعة صفوف (٢ - ٣) وهى أكثر ماتكون تكونا بداخل البروزات وتتركب من ٥-٧ صفوف، تقطعها مجموعات من خلايا كلورنكيمية على مسافات منتظمة فتصبح بذلك متقطعة. وهذه الطبقة تدعم الساق الرهيفة. أما الجزء الأوسط من القشرة فيكون ضيقا نسبيا ويتركب من ثلاثة الى أربعة صفوف من خلايا بارنكيمية بينها مسافات بينية ضيقة. هذه الخلايا تحتوى على بلاستيدات، ولهذا فهي خلايا كلورنكيمية Chloren-chyma. ولذا تبدو ساق القرع خضراء اللون، وقد تمتد هذه الخلايا حتى البشرة في مناطق التجـاويف اذا لم يوجـد بها خلايا كولنكيمية. وتبـطن الكلورنكيما حلقـة من الألياف سمكها خمسة صفوف أو أكثر. وتمثل هذه الألياف الطبقة المحيطة Pericycle.

والحزم الوعائية Vascular bundles عددها عشرة عادة، تنتظم في حلقتين؛ الخارجية وتشمـل خمس حزم صغيرة موزعة في أركان الساق، أما الكبيرة فتشمل الحزم الخمس الأخـرى وتوجد في الحلقة الداخلية متبادلة مع الصغيرة والى الداخل من التجاويف. وأحيانا، قد توجد حزم وعائية أخرى صغيرة متناثرة في النسيج البارنكيمى الأساسى. والحزم الصغيرة الخمسة هى المسارات الوعائية للورقة Leaf traces.

الحزم الوعائية في ساق القرع من النوع ذى الجانبين المفتوح Open bicollateral bundles والخشب الأول فيها داخلى Endarch.

والحزمة ذات لحائين أحدهما خارجى والآخر داخلى. تتميز الحزم الكبيرة بوجود كامبيوم حزمى Fascicular cambium بين اللحاء الخارجى الابتدائى والخشب الداخلى الابتدائى. اللحاء يوجد في صورة شريط على كل من جانبى الحزمة الوعائية. يتركب اللحاء من أنابيب غربالية ذات صفائح غربالية وخلايا مرافقة وبارنكيما لحاء. وتوجد أشرطة من اللحاء مبعثرة في بارنكيما الطبقة المحيطة والنخاع. والخشب الابتدائى يتركب من وعائين متسعين يمثلان الخشب التالى Metaxylem الجدر فيهما منقرة Pitted. الخشب الأول الى الداخل فيما بين وعائى الخشب التالى. وأوعية الخشب الأول ضيقة ذات جدر ثانوية شبكية أو حلزونية.

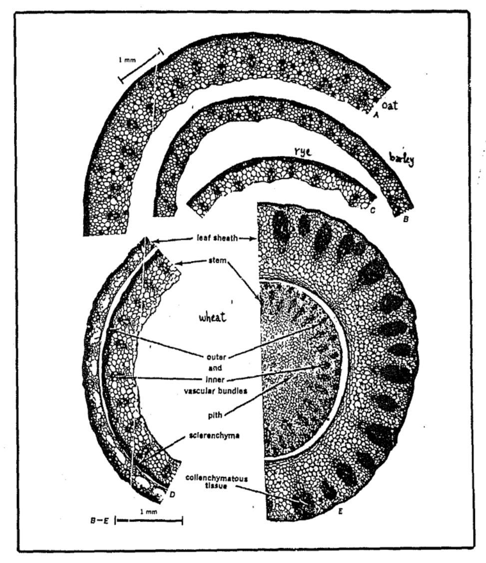
والنسيج الأساسى Ground tissue أو النخاع Pith يوجد في الجزء الأوسط من الساق، وتوجد الحزم الوعائية مطمورة في جزئه الخارجى الى الداخل من الطبقة المحيطة. في المنطقة الوسطى من النخاع توجد فجوة وسطية تعرف باسم فجوة النخاع Pith cavity.

التركيب الداخلى للساق في النباتات ذوات الفلقة الواحدة

الاختلافات الرئيسية بين تركيب السيقان الابتدائية في النباتات ذوات الفلقة الواحدة وذوات الفلقتين يتركز في تركيب الحزم الوعائية وطريقة توزيعها في النسيج الأساسى.

فالحزم الوعائية في السيقان ذات الفلقة الواحدة تكون عادة من النوع الجانبى المغلق Closed collateral bundle فلايوجد كامبيوم بين اللحاء والخشب. وبارنكيما اللحاء غير موجودة. ويحتوى نسيج الخشب على عدد قليل من الأوعية مرتبة في شكل حرف Y أو V حيث يمثل الخشب التالى ذراعى الحرف المذكور ويتألف من وعائين كبيرين بينهما عدد من القصيبات والتي تختلط ببعض الألياف. والخشب الأول يتركب من وعائين ضيقين نسبيا تغليظهما حلقى أو حلزونى. وكثيرا تتمزق أوعية الخشب الأول كلها أو بعضها، تاركة مكانها فجوة تسمى فجوة الخشب الأول Protoxylem lacuna. تحاط هذه الفجوة بمجموعة من خلايا بارنكيمية، وأحيانا تبقى فيها بقايا الأوعية الممزقة. وتوجد خلايا بارنكيمية على جانبى الخشب الأول وبجوار الخشب التالى. وتحاط الحزمة الوعائية في سيقان ذوات الفلقة الواحدة بغلاف من طبقة او طبقتين من الألياف. وفي حالات أخرى، كما في كشك ألماظ Asparagus لايوجد هذا الغلاف الليفى.

في سيقان نبات القمح .Triticum sp والشعير Hordeum والأرز Oryza تكون الحزم الجـانبية المقفولة منفصلة عن بعضها ومرتبة في صورة أسطوانتين (شكل ٩٧). والجزء الخارجى من الساق يتميز به أسطوانة من الألياف ذات أذرع ممتدة حتى البشرة. وهذه الأذرع الليفية تحصر فيها بينها مناطق من خلايا كلورنكيمية على هيئة أشرطة متوازية تمتد بطول السلامية، وتقع تحت مناطق البشرة التي تكثر فيها الثغور. وتتميز هذه الأسطوانة الليفية باحتوائها على عدد من حزم وعائية جانبية مغلقة صغيرة الحجم. توجد البارنكيمة الأساسية الى الداخل من الأسطوانة الليفية، وتتوزع فيها حزما وعائية كبيرة متباعدة عن بعضها ومرتبة في صورة حلقة.

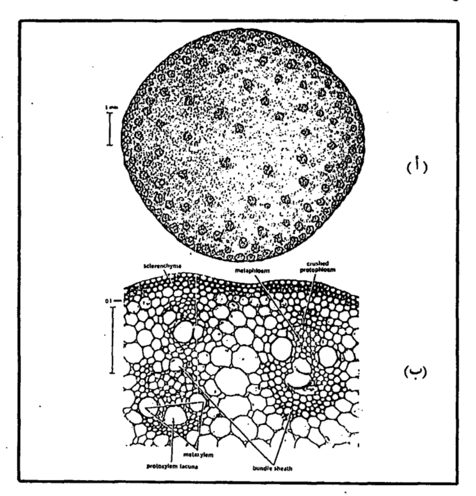


(شكل ٩٧): قطاعات عرضية في سيقان النجيليات توضح تركيبها الداخلي.

والجزء الداخلى من النسيج الأساسى خال من الحزم الوعائية ويمكن اعتباره نخاع قد تتوسطه فجوة كما في القمح.

وفي نوع آخر من النجيليات، مثل الذرة الشامية Zea Mays توجد الحزم الوعائية مبعثرة في النسيج الأساسى، وفي هذه الحالة لايمكن تمييز نخاع، ولا توجد فجوة نخاع. وتحاط الحزمة الوعائية في الذرة بغلاف من الألياف (شكل ٩٨).

وفي النجيليات التي تحتوى سيقانها على حزم وعائية مبعثرة في النسيج الأساسى، لاتوجد أسطوانة من الألياف تجاه البشرة، انها تتحجر الخلايا البارنكيمية الواقعة تحت البشرة.



(شكل ٩٨): أ ـ قطاع عرضي في ساق نبات الذرة الشامية. يوضح الحزم الوعائية المبعثرة في النسيج الأساسي.
ب ـ جزء من قطاع عرضي في الذرة الشامية يوضح تركيب الحزمة الوعائية الجانبية المغلقة. لاحظ فجوة الخشب الأول وغلاف الحزمة.

كما تتميز سيقان بعض النباتات ذات الفلقة الواحدة مثل الدراسينا Dracaena بوجود حزم ثانوية مركزية اللحاء Amphivasal bundles (شكل ٩٩). وفي حالات قليلة، كما في الموز Musa يوجد وعاء وسط الساق يكون أكثر تميزا من الأوعية الاخرى بينما في نبات السفندر تكون الأوعية كلها متشابهة. وفي كثير من سيقان النباتات ذات الفلقة الواحدة، تتحطم خلايا الجزء الأوسط من النسيج الأساسى وتصبح الساق مجوفة النخاع Pith cavity.

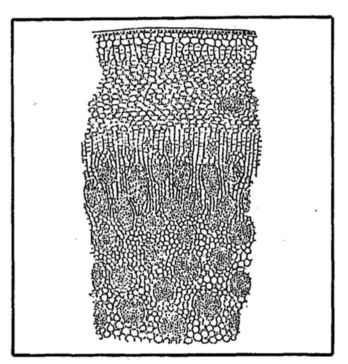
والبشرة عبارة عن طبقة من صف واحد من الخلايا بها ثغور، كما قد توجد شعور نامية من خلاياها. والنسيج الأساسى Ground tissue يمتد من داخل البشرة الى مركز الساق. الطبقات الخارجية من النسيج الأساسى عبارة عن الياف تدعم الساق العشبية ذات الفلقة الواحدة. وفي معظم سيقان الفلقة الواحدة لايمكن تمييز مناطق القشرة أو الانـدودرمس أو البريسيكل. ومع هذا، ففي بعض ذوات الفلقة الواحدة مثل كشك ألماظ Asparagus (شكل ١٠٠) يمكن تمييز كل من الأندودرمس والبريسيكل وكذلك القشرة. وفي كثير من ذوات الفلقة الواحدة، توجد حزم وعائية في النسيج الأساسى بوسط الساق، وبذلك يكون النخاع غير موجود. ولاتتميز أشعة نخاعية في النسيج الأساسى للساق ذات الفلقة الواحدة. أما السويقة فوق الفلقية في بادرة كشك ألماظ فتكون واضحة ومتميزة عن غيرها من غالبية ذوات الفلقة الواحدة.

تركيب ساق نبات القمح STRUCTURE OF WHEAT STEM

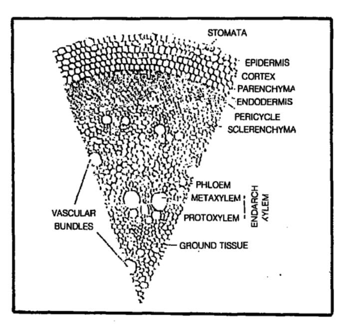
نبات القمح .Triticum spp ينتمى الى العائلة النجيلية Poaceae ساقه جوفاء على طول امتداد السلاميات بينما تكون مصمتة عند العقد.

تتميز في الساق خمسة أنواع من أنسجة أساسية هى:

- البشرة Epidermis وتتألف من صف واحد من الخلايا، تتميز بها خلايا طويلة ضيقة وأخرى قصيرة متماثلة الأقطار. الخلايا الطويلة تترتب في صفوف طولية يفصلها عن بعضها الخلايا القصيرة. توجد طبقة أدمة تكسو الجدر الخارجية لخلايا البشرة. والثغور توجد مرتبة في صف أو صفين، في بعض الأصناف تنمو شعور خشنة من بعض خلايا البشرة.
- النسيج الميكانيكى ويتركب من خلايا اسكلرنكيمية متطاولة ذات جدر سميكة وفجوة ضيقة، يتكون منها طبقة كاملة مختلفة السمك الى الداخل من البشرة ذات أذرع ممتدة حتى البشرة تحصر فيما بينها مناطق من خلايا كلورنكيمية على هيئة أشرطة تمتد بطول السلامية.



(شكـل ٩٩): جزء من قطاع عرضي في ساق نبـات الدراسينا يوضح النمو الثانوي. لاحظ الحزم الوعائية الابتدائية والثانوية مركزية اللحاء.



(شكل ١٠٠): جزء من قطاع عرضي في ساق نبات الاسبرجس.

لاحظ وجود الاندودرمس والبريسيكل والحزم الجانبية المقفلة.

والنسيج الميكانيكى والكلورنكيما والنسيج الأساسى البارنكيمى والحزم الوعائية.

والثغور تقع في مناطق الكورنكيما. قد تلتحم منطقتين من الخلايا الكلورنكيمية في منطقة واحدة عريضة. مناطق الكلورنكيما تكون عريضة عند قمة السلامية وتضيق تدريجيا تجاه القاعدة حتى تختفى كليا بجوار العقدة. البارنكيما الأساسية تمتد من أسطوانة الألياف حتى الفجوة الوسطية. وتتركب من خلايا رقيقة الجدر، متطاولة في اتجاه محور الساق، المجاورة للنسيج الميكانيكى تكون أكثر طولا من الداخلية. قد تصبح جدر هذه الخلايا ملجننة في السلاميات القاعدية.

- النسيج الوعائى: وهو في السلاميات عبارة عن حزم وعائية مقفولة تكون مرتبة في حلقتين. الحلقة الخارجية تتركب من حزم صغيرة مطمورة في الأسطوانة الليفية الخارجية في مقابل الأذرع الليفية الممتدة حتى البشرة (شكل ٩٧).
- الخشب الأول Protoxylem داخلى Endarch يتركب من وعاء أو اثنين يكون التغليظ الثانوى فيهما حلقيا أو حلزونيا. والخشب التالى Metaxylem يتألف من وعائين كبيرين تغليظهما منقر Pitted بينهما عدد من القصيبات. واللحاء يتركب من أنابيب غربالية وخلايا مرافقة. تتميز في منطقة الخشب الأول مسافة بينية واسعة تسمى فجوة الخشب الأول Protoxylem lacuna. والحلقة الداخلية تضم حزما وعائية كبيرة مطمورة في النسيج البارنكيمى الأساسى، كل منها يكون محاطا بغلاف من الألياف. والغلاف الليفى للحزم الصغيرة يكون غير متميز من الألياف المحيطة لأسطوانة الألياف.

تركيب ساق نبات كشك ألمــاظ

STRUCTURE OF ASPARAGUS STEM

نبات كشك ألماظ من ذوات الفلقة الواحدة ينتمى الى العائلة الزنبقية Liliaceae. يتميز في القطاع العرضى للساق ثلاث مناطق هى البشرة والقشرة والحزم الوعائية مطمورة في النسيج الأساسى (شكل ١٠٠).

والبشرة Epidermis صف واحد من خلايا حية جدرها الخارجية مغطاة بطبقة سميكة من الكيوتين، تنتشر بينها الثغور.

والقشرة Cortex تقع الى الداخل من البشرة، خلاياها بارنكيمية بها بلاستيدات خضراء وتتركب من بضع طبقات. وتوجد مسافات بينية بين خلايا القشرة. والاندودرمس Endodermis هى الطبقة الداخلية من القشرة وتفصلها عن بقية النسيج الأساسى.

والطبقات الخارجية من النسيج الأساسى الملاصقة للاندودرمس عبارة عن ألياف

يمكن اعتبارها الطبقة المحيطة Pericycle. ويتركب النسيج الأساسى من خلايا بارنكيمية بينها مسافات بينية، وتوجد الحزم الوعائية مطمورة في النسيج الأساسى.

والحزم الوعائية Vascular bundles عديدة ومبعثرة في النسيج الأساسى، وهى جانبية مقفلة لاتحاط بغلاف حزمى Bundle sheath. لايوجد نخاع متميز كما لاتوجد أشعة وعائية.

وفي هذا النبات توجد قشرة متميزة يحدها من الداخل الاندودرمس والطبقة المحيطة كما أن الحزم الوعائية تحاط بغلاف حزمى من الألياف.

النمو الثانوى العادى في ذوات الفلقتين
NORMAL SECONDARY GROWTH

يحدث النمو الثانوى عادة في سيقان مغطاة البذور ذات الفلقتين الخشبية، وبكميات متفاوتة في بعض العشبية. ولايحدث نمو ثانوى في معظم ذوات الفلقة الواحدة. يتضمن النمو الثانوى تكوين أنسجة وعائية ثانوية شاملة خشب ثانوى Secondary xylem ولحاء ثانوى Secondary phloem وتكوين نسيج واق يدعى البريدرم Periderm. والأنسجة الوعائية الثانوية تتكشف عن الكامبيوم الفلينى Phellogen. أما الكامبيوم الوعائى في ذوات الفلقتين فيوجد في صورة أسطوانة من خلايا انشائية تتألف من الكامبيوم الحزمى Fascicular cambium داخل الحزم الوعائية ومن الكامبيوم بين الحزمى Interfascicular cambium الذي ينشأ في النسيج البارنكيمى الموجود بين الحزم الوعائية.

الكامبيوم الفلينى، قد ينشأ من خلايا البشرة، كما في بلوط الفلين Quercus suber والتفاح Malus Sylvestris والورد Rosa sp. وقد ينشأ من الطبقة الثانية أو الثالثة من القشرة كما في شجرة الجراد Robinia أو في اللحاء الثانوى كما في العنب Vitis.

ورغم أن الأنسجة الوعائية الثانوية التي تتكون في الساق تتشابه بصفة أساسية مع نظيرتها في الجذر، فانهما يختلفان في نواحى معينة منها:

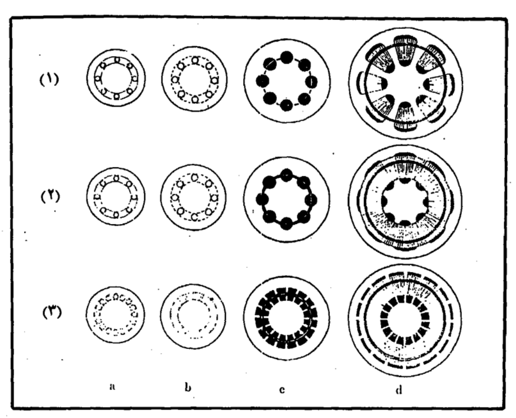
١ ـ أوعية الخشب في الجذر تكون أكبر عددا وأكثر اتساعا منها في الساق.

٢ ـ تقل الألياف في خشب الجذر عما في الساق.

٣ ـ زيادة نسبة الخلايا البارنكيمية الى الخلايا غير الحية في الأنسجة الوعائية الثانوية في الجذر عن مثيلتها في الساق.

وعادة في ذوات الفلقتين، توجد ثلاثة نماذج للنمو الثانوى العادى يمكن أن تحدث فيها (شكل ١٠١) هي:

١ ـ يوجد الكامبيوم الوعائى أساسا في صورة أسطوانة كاملة ينتج عن نشاط خلاياها

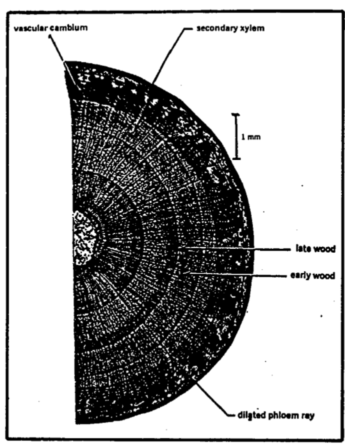


(شكل (١٠١): يبين طرز النمو الثانوي العادي في سيقان ذوات الفلقتين.
١ - طـــــراز أرستولوخيـــــا. ٢ - طـــــراز الخــــروع.
٣ - طـــــراز الزيزفـــــون.

تكوين لحاء ثانوى الى الخارج وخشب ثانوى الى الداخل. ويوجد هذا النموذج في جميع ذوات الفلقتين الخشبية مثل الزيزفون Tilia (شكل ١٠٢).

٢ ـ تتحول بعض الخلايا البارنكيمية المكونة للأشعة النخاعية Medullary rays الى خلايا مرستيمية في صورة أشرطة مماسية تدعى الكامبيوم بين الحزمى Interfas-cicular cambium. وبـذلك تتكون أسطوانة كاملة من الكامبيوم الوعائى تتكون عنها أسطوانة كاملة من الأنسجة الوعائية الثانوية، اللحاء والخشب الثانويان. هذا النموذج شائع في بعض النباتات الخشبية مثل الكمثرى Pyrus communis والصفصاف Salix.

٣ ـ النمـوذج الثـالث يشبـه الثـانى من ناحية تكوين أسطوانة الكامبيوم الوعائى. والحـزم الـوعـائية تظل منفصلة. والكامبيوم الحزمى يتكون عنه أنسجة وعائية ثانوية، أما الكامبيوم بين الحزمى فيقوم بتكوين أشعة نخاعية Medullary rays بدلا من الأنسجة الوعائية كما في العنب Vitis.



(شكل ١٠٢): قطاع عرضي في ساق نبات الزيزفون.
لاحظ حلقات النمو الثانوي في الخشب،
والبريدرم وأشعة اللحاء الواسعة.

النمو الثانوى للسيقان الخشبية ذات الفلقتين

يؤدى النمو الثانوى الى زيادة الساق في السمك، ويعتبر المسئول عن الجزء الأكبر من جسم الأشجار، ويوفر التدعيم والوقاية. يحدث النمو الثانوى نتيجة لنشاط الكامبيوم الوعائى وانقسامه بجدر موازية لمحيط الساق، تتكون أسطوانة مجوفة بين الخشب واللحاء الابتدائيين.

ونتيجة لانقسام خلايا الكامبيوم الوعائى بجدر موازية لمحيط الساق، تتكون أسطوانة من عناصر اللحاء الثانوى نحو الخارج وأخرى من عناصر الخشب الثانوى نحو الداخل. ومقدار الخشب الثانوى الذي يتكون في موسم نمو يفوق كثيرا مقدار اللحاء الثانوى. وهذا يعنى أن بضع طبقات متتالية من الخلايا المنشئة لعناصر الخشب تنشأ من بداءات الكامبيوم الوعائى دون أن تتكون طبقة من الخلايا المنشئة للحاء الثانوى.

وانقسام بداءات الكامبيوم الوعائى ليس فقط لتكوين خشب ولحاء ثانويين، وانما أيضا لزيادة محيط أسطوانة الكامبيوم نفسه، وذلك بالانقسام القطرى، ونمو الخلايا الناتجة عن الانقسام الى الحجم الاصلى. والزيادة في عدد الأشعة الوعائية يعتبر عاملا مهما في زيادة محيط أسطوانة الكامبيوم الوعائى.

وتحدث بداية نشاط الكامبيوم الوعائى مع تمام نضج الخشب الابتدائى في الساق. في النباتات الخشبية، ويستمر نشاط الكامبيوم الوعائى سنويا، وتبعا لذلك تبتعد أسطوانته عن مركز الساق نتيجة لنشاط هذا الكامبيوم، والنباتات الخشبية ذوات الفلقتين يتغير تركيبها الابتدائى، ويستبدل أو يدعم بأنسجة ثانوية تسود في جسم النبات لتواجه احتياجاته في نقل المواد الغذائية وتدعيم وحماية أجزائه.

والخشب الثانوى يتركب من أوعية Vessels وقصيبيات Tracheids وألياف Fibers وبارنكيما خشب Xylem Parenchyma وجميعها يكون محورها الطويل موازيا للمحور الطويل للساق. وتغليظ الأوعية في الخشب الثانوى يكون عادة شبكيا Reticulate أو منقر Pitted.

ومقدار الألياف يكون كبيرا في الخشب الثانوى اذا قورن بالخلايا البارنكيمية. ويحتوى الخشب الثانوى على أشعة خشب Wood rays. ويتركب الشعاع من خلايا بارنكيمية متطاولة قطريا تنشأ من المنشأت الخلوية لبداءات الأشعة في الكامبيوم الوعائى. تمتد الأشعة عبر الحلقات السنوية لمسافات مختلفة عمودية على محور الساق. وتشاهد أشعة الخشب في القطاعات العرضية لسيقان الاشجار ذوات الفلقتين على شكل خطوط دقيقة متوازية فاتحة اللون. وتتوزع الأشعة توزيعا منتظما في النسيج الوعائى.

يوجد لأشعة الخشب أبعاد ثلاثة هى الطول والعرض والارتفاع. يقاس طول الشعاع بالمسافة الواقعة بين أسطوانة الكامبيوم الوعائى وطرف الشعاع. وتختلف أطوال الاشعة من شعاع الى آخر نتيجة لتوقف بعضها عن النمو بعد فترة تكوينه، ولتكوين أشعة جديدة كلما ازداد الساق في السمك. ويمثل عرض الشعاع مقدار امتداده الأفقى، وقد يكون الشعاع بعرض صف واحد من الخلايا أو صفين أو أكثر. ارتفاع الشعاع عبارة عن امتداده الرأسى ويتراوح بين خلية واحدة وعدة خلايا، وقد يتباين وارتفاع الشعاع وعرضه في نوع النبات الواحد. ففي البلوط Quercus يكون الشعاع وحيد الصف أو عديد الصفوف أما في التامول Betula ولسان العصفور Fraxinus ويتراوح عرض الشعاع بين صفين وعشرة صفوف. وتقوم أشعة الخشب بوظيفة النقل القطرى للماء، وكذلك التخزين، فكثيرا تحتوى خلايا على نشا وأحيانا بلورات.

والخلايا حية تتميز عن الخلايا البارنكيمية بجدرها السميكة الملجننة.

اللحاء الثانوى نسيج معقد يتركب من أنابيب غربالية وخلايا مرافقة وبارنكيما لحاء وألياف وجميعها ذات أصل واحد من الكامبيوم، ومرتبة في صفوف قطرية. الأنابيب الغربالية تكون كثيرة وجدرها سميكة نوعا. كما يوجد باللحاء خلية أشعة وعائية. وتمثل بارنكيما اللحاء جزءا كبيرا في بعض النباتات، وكثيرا تحتوى على دباغ ونشا أو توجد بها تراكيب حليب نباتى كما في مطاط هيفيا Hevea أو بلورات من أكسالات الكالسيوم. أحيانا يحتوى اللحاء على اسكلريدات Sclereids تكون مختلطة مع الألياف، وقد تكون هى النوع الوحيد من الخلايا الاسكلرنكيمية باللحاء الثانوى كما في الزان Fagus. ويمتد في نسيج اللحاء أيضا أشعة لحاء Phloem rays تتفاوت في الاتساع والارتفاع. قد يكون عرض شعاع اللحاء خلية واحدة كما في الصفصاف Salix وأحيانا يكون خليتين أو ثلاث كما في التفاح Malus أو عديد الخلايا كما في شجرة الجراد Robinia.

وتتصل أشعة الخشب بأشعة اللحاء عبر الكامبيوم الوعائى، وينشأ كل منهما من الكامبيوم الوعائى، ويطلق عليهما معا مصطلح الأشعة الوعائية Vascular rays. ويتيح انتشار أشعة الخشب الصلة بينها وبين العناصر الناقلة للماء في نسيج الخشب.

ونتيجة لاستمرار النمو الثانوى في الساق تتمزق البشرة والجزء الخارجى من القشرة في معظم النباتات ذات الفلقتين ويؤدى ذلك الى تكوين بريدرم Periderm من الكامبيوم الفلينى. وقد تبقى البشرة والقشرة عدة سنوات ويزداد محيطها نتيجة للانقسامات القطرية في الخلايا والاتساع المماسى. وقد يتكون الكامبيوم الفلينى سطحيا من خلايا البشرة كما في جنس الصفصاف Salix والدفلة Nerium أو من احدى الطبقات الخارجية للقشرة كما في شجرة الجراد Robinia والحور Populus. وقد يتكون البريدرم عميقا في بارنكيما اللحاء كما في العنب Vitis.

الأنسجة الابتدائية التي توجد خارج الفلين تنعزل تدريجيا عن مصادر الغذاء والماء، ولهذا فانها تموت وتتشقق وأخيرا تنسلخ تدريجيا وتتساقط بسبب الرياح والمطر وضغط الأنسجة الداخلية المتزايد. والخشب الابتدائى يصبح محاطا بالخشب الثانوى والى الداخل منه يوجد النخاع في مركز الساق. وقد تبقى خلايا النخاع حية لبضع سنوات، وقد تتحطم نتيجة لضغط الأنسجة الجديدة. واللحاء الابتدائى يدفع خارجيا وتتوقف عناصره الناقلة أيضا عن العمل ثم تتحطم في النهاية وتندثر ولايبقى للنسيج أى اثر.

النمو الثانوى للسيقان العشبية ذوات الفلقتين

يحدث النمو الثانوى في كثير من سيقان النباتات العشبية من ذوات الفلقتين مثل تباع

الشمس Helianthus والخروع Ricinus والبرسيم الحجازى Medicago. فمثلا في ساق نبات تباع الشمس Helianthus amnus والخروع Ricinus communis توجد مناطق واضحة من خلايا بارنكيمية بين الحزم الوعائية تسمى الأشعة النخاعية Pith rays. وخلال عملية النمو الثانوى تتحول بعض الخلايا البارنكيمية من الأشعة النخاعية، التي على استقامة الكامبيوم الحزمى، الى مرستيم يسمى الكامبيوم بين الحزمى Interfascicular cambium يتصل بالكامبيوم الحزمى، وبذلك تتكون أسطوانة كاملة من الكامبيوم الوعائى Vascular cambium تقوم هذه الأسطوانة بتكوين خشب ثانوى Secondary xylem للداخل ولحاء ثانوى Secondary phloem الى الخارج مثلما يحدث في السيقان الخشبية. وتتميز الساق في كل من تباع الشمس والخروع بوجود ألياف لحاء ابتدائى.

في ساق البرسيم الحجازى Medicago sativa تكون الحزم الوعائية متباعدة عن بعضها بمناطق من خلايا بارنكيمية. ويحدث مقدار من النمو الثانوى عند قاعدة الساق، غير أن الكامبيوم بين الحزمى ينتج خلايا معظمها للداخل تجاه الخشب تتركب أساسيا من الألياف.

النمو الثانوى في ساق نبات البلارجونيوم Pelargonium يشبه مايحدث في ساق نبات عباد الشمس والخروع. فالحزم الوعائية في البلارجونيوم متقاربة من بعضها بدرجة كبيرة، ولهذا يتعذر تمييز المناطق بين الحزمية. وخلال النمو الثانوى تتكون أسطوانة كاملة من الأنسجة الوعائية. والمنطقة الوعائية تكون محاطة ببضعة صفوف من الألياف ناشئة عن الكامبيوم الأول معظمها مرتبطة بالأنابيب الغربالية والبعض بين أشرطة اللحاء. في السيقان الأكبر سنا يتكون بريدرم في مكان البشرة ناشئا من طبقة تحت البشرة. والقشرة والنخاع خلاياهما بارنكيمية.

الحزم الوعائية في النباتات السابقة كلها من النوع الجانبى Collateral pundles يوجد اللحاء فيها على السطح الخارجى للخشب. وفي العائلة الباذنجانية Solanaceae مثلا، في نبات الطماطم Lycopersicon Esculentum والدخان Nicotiana tabacum والبطاطس Solanum tuberosum تكون الحزم الوعائية ذات جانبين من اللحاء Bicollateral bundle وعندما يحدث النمو الثانوى فيها يكون الكامبيوم بين اللحاء الخارجى والخشب.

النمو الثانوى الشاذ ANOMALOUS SECONDARY GROWTH

يحدث النمو الثانوى العادى في مغطاة البذور نتيجة لنشاط الكامبيوم الوعائى Vascular cambium وكذلك الكامبيوم الفلينى Phellogen. الكامبيوم الوعائى هو المرتبط بالنمو الثانوى في

الأسطوانة الوعائية. وفي الغالبية العظمى من النباتات ذات الفلقتين، وهى المتميزة بالنمو الثانوى في مغطاة البذور، ينشأ عن الكامبيوم الوعائى أنسجة وعائية ثانوية، ولحاء ثانوى الى الخارج وخشب ثانوى للداخل.

في بعض النباتات ذات الفلقتين، يحدث في سيقانها نمو ثانوى يختلف بشكل ملحوظ عن النمو الثانوى العادى الذي يحدث في معظم ذوات الفلقتين. هذا النمو الثانوى الذي ينحرف عن النمو الثانوى العادى يسمى النمو الثانوى الشاذ. قد يوجد هذا النمو في جميع نباتات العائلة الواحدة، وقد يقتصر على أحد أجناسها أو نوع منها. ومعظم حالات النمو الثانوى الشاذ تحدث في النباتات التي تتميز بطبيعة نمو خاصة، وبصفة رئيسية المتسلقات الخشبية المفرطة في نموها كالتى تنمو في المناطق الحارة Lianes. ويبدو أن التحورات التي تحدث في العمود الوعائى Stele للسيقان يبدو أنها استجابة الى احتياجات ميكانيكية لهذه السيقان. كما أن النمو الشاذ أيضا يكون مرتبطا باحتياجات فسيولوجية مثل التخزين كما في الريزومات والدرنات والكورمات.

وفي هذه الأعضاء تقصر السلاميات ويزداد تكوين البارنكيما الأخترانية بدرجة كبيرة.

النمو الشاذ في ذوات الفلقتين Anomalous Growth in Dicotyledons

يختلف النمو الثانوى الشاذ في ذوات الفلقتين عن العادى. فهناك بضعة طرز شائعة منها مايأتى:

١ ــ *طراز أرستولوخيا* Aristolochia Type : جنس أرستولوخيا ينتمى الى العائلة Aristolochiaceae تضم أعشابا ونباتات خشبية من ذوات الفلقتين معظمها متسلقة Climbers. وأهم ماتتميز به الساق هو أن الأشعة الابتدائية النخاعية Primary Medullary rays تكون عريضة (شكل ١٠١)، وتبعا لذلك تكون الحزم الوعائية متباعدة. ونشاط الكامبيوم بين الحزمى Interfascicular cambium يؤدى الى زيادة اتساع الأشعة النخاعية بتكوين خلايا بارنكيمية. في أحد الأنواع المعروفة باسم Aristolochia triangularis تتجزأ الحزم الوعائية الجانبية الأصلية الى أشرطة تشبه المروحة. وفي السيقان المسنة، تشاهد أخاديد عميقة، بالاضافة الى إتساع النخاع والأشعة النخاعية.

٢ ــ *في جنس بيجنونيا* Bignonia الذي ينتمى الى العائلة البيجنونية Bignoniaceae التي تضم كثير من النباتات المتسلقة، يوجد الكامبيوم في موضعه العادى بين الخشب واللحاء في صورة حلقة كاملة في السيقان الصغيرة.

تحتوى أسطوانة الخشب على أوعية ضيقة. يستمر الكامبيوم في نشاطه العادى فترة من الزمن، حتى اذا أخذ الخشب الثانوى ذى الأوعية الواسعة Perixial xylem في التكوين، يتشقق الخشب وتظهر فيه تجاويف Furrows فيظهر

الكامبيوم على سطوحها الجانبية. وتأخذ أجزاء صغيرة من الكامبيوم التي توجد في مواجهة بروزات الخشب تأخذ في تكوين كميات قليلة من الخشب بينما تتكون عنها كميات أكبر نسبيا من اللحاء. بازدياد كتلة اللحاء، ينزلق على امتداد السطوح الجانبية لتجاويف الخشب مكونا أذرع تمتد في بعض المواضع قريبا من المركز.

وتكوين التجاويف يحدث وفق نظام معين. ففي بعض الأحيان، تتكون أربعة تجاويف، وفي حالات أخرى، تتكون ثمانية أو ستة عشر، أو غيرها.

٣ ـ أحيانا تتكون سيقان ذات أشكال غريبة لاسيما في عائلة Sapindaceae نتيجة لوجود كامبيوم في موضع غير عادى. فيتميز نبات Thinouia scandens بحدوث نمو ثانوى شاذ في الساق يجعلها ذات شكل غريب. في الساق الحديثة يوجد الكامبيوم الوعائى في صورة أسطوانة تبرز بعض أجزائها للخارج. عندما يبدأ النمو الثانوى تنفصل أطراف الأجزاء البارزة ويقوم كل منها بتكوين أسطوانة وعائية منفصلة.

والساق ذات الشكل الغريب قد تنشأ بطريقة أخرى في جنس Thinouia أيضا حيث يستمر النمو الثانوى العادى لفترة خمس أو ست سنوات. ثم تنشأ بعد ذلك كمبيومات اضافية في بارنكيما القشرة الى الخارج من أسطوانة الكامبيوم الأصلية، ويتكون من كل منها أسطوانة من الخشب واللحاء تحيط بنخاع منفصل. هذه الأسطوانات الاضافية تتصل ببعضها بينما لايوجد اتصال بينها وبين الأسطوانة الأصلية. وتعرف هذه الحالة باسم كتلة الخشب المحزوم Corded xylem mass.

٤ ـ قد تحدث تغيرات أخرى في نشاط الكامبيوم ينتج عنها لحاء ثانوى على هيئة أشرطة محاطة بالخشب الثانوى تسمى اللحاء بين الخشبى Interxylary phloem. هذا الطراز يعرف عادة باسم طراز الجوز المقىء Strychnos type. في هذا الطراز تتكون مجموعات أو أشرطة لحاء بين الخشب الى الخارج نتيجة لنشاط بداءات الكامبيوم التي لاتلبث أن يتوقف نشاطها. يتبع ذلك تكوين أجزاء من الكامبيوم خارج اللحاء بين الخشب المتكون، وينشأ عنها خشب ثانوى الى الداخل. وأشرطة اللحاء بين الخشبى، تصبح بذلك مطمورة في كتلة الخشب، كما في الجوز المقىء Strychnos

وتوجد أنواع مختلفة من السيقان غير العادية في كثير من عائلات مغطاة البذور تتكون بها تراكيب وعائية غير عادية.

٥ ـ *الحزم النخاعية والقشرية:* قد يرجع التركيب الشاذ الى وجود حزم نخاعية Medullary bundles وحزم قشرية Cortical bundles في السيقان. قد توجد هذه الحزم في سيقان تركيبها عادى أو مع تراكيب أخرى غير عادية. الحزم النخاعية توجد في عدد كبير من العائلات مثل الفلفلية Piperaceae والشقيقية Ramunculaceae والقــرعية Cucurbitaceae. والحــزم القشرية أقـل شيوعـا من الحـزم النخاعية وهى معروفة في البيجونيا Begonia والكازوارينا Casuarina والحماض Rumex. في النباتات ذات القشرة اللحمية مثل كثير من نباتات العائلة الشوكية Cactaceae حيث تختـزل الأوراق وتقـوم القشرة الى حد كبـير بعمليات البنـاء الضوئى، تتفرع المسيرات الورقية Leaf tracers عند قاعدة الورقة وتخترق فروعها أنسجة القشرة.

والحزم النخاعية توجد في منطقة النخاع Pith في الساق وهى شائعة في عائلات بنجر السكر Chenopodiaceae وعرف الديك Amaranthaceae. وأحيانا، بعض هذه الحزم يبدو كأنها تمثل حزما لمسيرات ورقية كما في الجهنمية Bougainvillea وورد الليل Mirabilis. ومـع هذا، ففي أنـواع أخـرى من العائلات السابقة، توجد حزم نخاعية حقيقية كما في نبات المحوط Achyranthes aspera من عائلة عرف الديك حيث توجد حزمتان منفصلتان نخاعيتان تمتدان في سلامية الساق. وأحيانا أخرى كما في عائلة عرف الديك قد توجد أربع حزم نخاعية. ويرجح أن هذه الحزم قد تحركت من حلقة الحزم الخارجية الى النخاع. وفي بعض الأحيان قد تصبح الحزم النخاعية على حدود النخاع مقلوبة Inverted حيث يوجد اللحاء الى الداخل والخشب الى الخارج.

النمو الثانوى في سيقان ذوات الفلقة الواحدة

SECONDARY GROWHT IN MONOCOT STEMS

يحدث قليلا نمـو ثانـوى في سيقان النباتات ذات الفلقة الواحدة. ومع هذا، فان بعض هذه السيقان تزداد في السمك بدرجة كبيرة وتصل الى حجوم ضخمة نتيجة لنمو ابتدائى مستمر لفترة طويلة كما في أشجار النخيل. المرستيم القمى لهذه النباتات، مثل غيرها من سيقان مغطاة البذور، يوجد عند قمة الساق وينتج عنه تكوين جزء صغير من الجسم الابتـدائى. الزيادة في معظم الجسم الابتدائى ترجع الى مرستيم يعرف باسم مرستيم التغليظ الابتدائى السطحى Peripheral primary thickening meristem يوجد قريبا من السطح الخارجى للساق، ويقع أسفل بدايات الأوراق. بدايات هذا المرستيم يتكشف عن مشتقـاتهـا الخلوية صفـوفـا قطرية من خلايا بارنكيمية تخترقهـا أشرطـة

كامبيومية تتكشف فيها بعد الى حزم وعائية. والخلايا البارنكيمية يزداد حجمها وتتسع المسافات البينية فيها بينها، وبذلك تزداد الساق في القطر.

في سيقان عدد قليل من ذوات الفلقة الواحدة الخشبية من رتبة الزنبقيات Lilioflorae مثل الدراسينا Dracaena واليوكا Yucca والصبار Aloe يحدث نمو ثانوى نتيجة لتكوين كامبيوم غير عادى في نشاطه يختلف عن نظيرة في ذوات الفلقتين. هذا النمو الثانوى الذي يحدث في سيقان مثل هذه الأنواع من ذوات الفلقة الواحدة يعتبر نموا ثانويا غير عادى أو شاذا. ويبدأ نشاط هذا الكامبيوم في جزء الساق الذي تمت استطالته، وينشأ من الخلايا البارنكيمية لطبقة القشرة الداخلية خارج الحيز الذي توجد به الحزم الوعائية الابتدائي ة، ويكون في صورة منطقة أسطوانية استأنفت خلاياها القدرة على الانقسام المماسى.

ويقوم الكامبيوم بانتاج أسطوانة من عدة طبقات من خلايا مرستيمية، منشورية الشكل في قطاعها الطولى، ومرتبة باحكام في صفوف قطرية، ولا توجد بين خلاياها مسافات بينية. ويبدأ الكامبيوم في انتاج خلايا بكميات كبيرة أولا ناحية داخل الساق، وفيها بعد بكميات ضئيلة ناحية الخارج. الخلايا التي تكونت الى الداخل تتكشف الى حزم وعائية ثانوية وخلايا بارنكيمية، أما الخلايا التي تكشفت الى الخارج فتصبح كلها بارنكيمية.

والحزم الوعائية، بيضاوية الشكل في القطاعات العرضية، وهى غالبا جانبية مقفلة كما في اليوكا Yucca أو مركزية اللحاء Amphivasal كما في الدراسينا Dracaena (شكل ٩٩). هذه الحزم تكون متقاربة من بعضها وتترتب في صفوق قطرية ومطمورة في خلايا بارنكيمية ويتركب خشب الحزمة من قصيبات Tracheids طويلة ومقدار ضئيل من خلايا بارنكيمية ذات جدر ملجننة. مقدار اللحاء يكون ضئيلا، يتركب من أنابيب غربالية عناصرها قصيرة، وخلايا مرافقة وأخرى بارنكيمة لحاء.

وفي نبات الدراسينا، تكون الحزم الوعائية الابتدائية مركزية اللحاء، مثل الثانوية، صغيرة ومستديرة، ومبعثرة في النسيج الأساسى بدون نظام، ولهذا يمكن التمييز بين الحزم الابتدائية وغيرها الثانوية التي تكون مرتبة في صفوف قطرية.

والخلايا البارنكيمية التي توجد الحزم الوعائية الثانوية مطمورة فيها تكون جدرها رفيعة أو سميكة ملجننة قوية ومرتبة في صفوف قطرية كما هو الحال أيضا بالنسبة للحزم الوعائية الثانوية. أما البارنكيما الخارجية فان خلاياها تبقى رفيعة الجدر، وتحتوى على بلورات، وقد تنقسم عرضيا وتصبح قصيرة، وتعرف باسم القشرة الثانوية Secondary cortex.

ويحتفظ الكامبيوم في سيقان ذوات الفلقة الواحدة دائما بموقعة الخارجى. وبصفة عامة، لايختلف التركيب الأساسى لكل من الجسم الابتدائى والثانوى عن بعضهما، فكل منهما يتركب من نسيج اساسى تخترقه حزم وعائية مركزية. والجسم الابتدائى والجسم الثانوى مرتبطان ببعضهما، فالحزم الثانوية تكون متصلة بامتداد المسارات الورقية السطحية.

الفلين الطبقى (المصفوف) STORIED CORK

نتيجة لحدوث النمو الثانوى في سيقان كثير من النباتات ذوات الفلقة الواحدة مثل الدراسينا Dracaena (شكل ٩٩) واليوكا Yucca والكركم Curcuma وزنبق النخيل Cor-dyline يتكون نسيج حماية من الفلين عند سطح الساق دون أن تتكون طبقة من الكامبيوم الفلينى Phellogen. هذا النسيج الفلينى المتكون بدون كامبيوم فلينى يسمى الفلين الطبقى أو المصفوف. يختلف هذا الفلين عن فلين بريدرم Periderm النباتات ذوات الفلقتين، في منشئة وفي ترتيب صفوفه القطرية.

ففي نسيج البريدرم، ينشأ عن الكامبيوم الفلينى صفوف قطرية منتظمة من خلايا الفلين المتشابهة الى حد كبير. أما الفلين المصفوف، فينشأ من خلايا بارنكيمية للقشرة الابتدائية مرتبة في خط متقطع غير منتظم ويحدث الانقسام مماسيا في مشتقات الخلية البارنكيمية، لتتكون سلسلة من عدد غير محدود من الخلايا، ٤-٨ خلايا، تختلف في شكلها وفي حجمها، لاتلبث أن تتسوبر جدرها متحولة الى خلايا فلين. والأشرطة أو الحزم المتكونة الفلينية تكون غير منتظمة الحدود أو الاتساع.

تتكون طبقات من هذا الفلين الطبقى أو المصفوف في مناطق تتدرج في العمق في نسيج القشرة، غير أن حوافها لاتلتحم معا. وكلما تكون هذا الفلين داخليا، فانه يضم خلايا غير منقسمة وغير مسوبرة الجدر، وبذلك يتكون نسيج مشابه للرايتيدوم Rhytidome الموجود في ذوات الفلقتين. هذا الرايتيدوم المتكون الذي يضم خلايا في صورة نسيج واق معقد التركيب يفتقر إلى انتظام طبقات الفلين العادية في ذوات الفلقتين.

التئام الجروح WOUND HEALING

النمو الثانوى والنشاط الكامبيومى يشتركان دائما في عملية التئام الجروح. فإذا جرحت الأجزاء الطرية مثل الأوراق والأغصان الحديثة وغيرها من الأعضاء التي لايحدث فيها نمو ثانوى، تقوم الخلايا الحية في منطقة الجرح بتكوين ندبة Cicatrice تتميز باحتوائها على مواد تحمى السطح المجروح من الجفاف والأضرار الخارجية. كما

تنشط الخلايا تحت الندبة لتكوين طبقة حماية أخرى. وتتكون أيضا مثل هذه الندب في حالة الجروح السطحية التي على شكل شقوق.

وإذا حدث جرح عميق في ساق أو فرع شجرة أو نتيجة لتقليم أو ازالة فرع جانبى، فان الخلايا البارنكيمية الملاصقة للجرح تنشط في الانقسام بسرعة مكونة كتلة من نسيج بارنكيمي طرى يسمى الكالوس Callus أو النسيج جرحى Wound tissue. ولقد ذكر أن أشعة الخشب Xylem rays أو مشتقات خلايا الكامبيوم الحديثة هى المصدر الرئيسى للكالوس. ويقوم الكالوس أيضا بتكوين النسيج الذي عن طريقه يتم اتصال الكامبيوم اذا حدث فيه تمزق بسبب الجرح. ويستمر امتداد هذا النسيج الى الداخل فوق سطح الجرح حتى يمتلىء به تجويف الجرح. ينشأ كامبيوم فلينى في الجزء الخارجى من الكالوس يؤدى الى تكوين طبقات من الفلين على سطح الجرح. هذه الطبقات الفلينية تمنع فقدان الماء من الجرح وتحمى الأنسجة السليمة من الاصابة بالفطريات وغيرها.

ويمكن أن يتكون فلين الجروح في أى جزء من أجزاء النبات، ويختلف مدى تكوينه باختلاف النبات والعضو المجروح والأنسجة المجروحة والظروف البيئية المحيطة. ويتكون فلين الجروح بسهولة في النباتات الخشبية ذوات الفلقتين. وتعوق درجة الحرارة المنخفضة وكذلك درجة الرطوبة تكوين فلين الجروح.

ويبدأ نشوء كامبيوم وعائى من خلايا الكالوس البارنكيمية كعملية مرتبطة بالتئام الجرح. كامبيوم الكالوس يتكشف من حافات الجرح في اتجاه مركز الجرح، ويقوم بتكوين خشب ثانوى للداخل ولحاء ثانوى للخارج على امتداد نفس نسيجى الخشب واللحاء في الجزء غير المجروح من الساق.

الأنسجة الثانوية المتكونة، تمتد تدريجيا الى الداخل على السطح المجروح حتى تلتقى الحواف تماما، وبذلك يصبح الجرح مغطى تماما. والكامبيوم الوعائى يصبح في صورة طبقة كاملة على السطح المجروح. وباستمرار النمو الثانوى، تتكون حلقات سنوية من الخشب تؤدى الى طمر السطح المجروح بعمق تدريجيا.

وتتوقف الفترة اللازمة لالتئام الجرح على حجم وشكل الجرح، بالاضافة الى مدى نشاط الكامبيوم. فالجروح النظيفة والمنتظمة تلتئم أسرع من غيرها. أما في حالة الجروح الكبيرة التي يستغرق التئامها فترة طويلة، فيطلى السطح المجروح بمادة حافظة تمنع التحلل.

الكامبيوم والكالوس في التطعيم بالعين والتطعيم بالقلم

نجاح عملية التطعيم بالعين Budding والتطعيم بالقلم Grafting يتوقف على الاتحاد

التام بين كامبيوم كل من الأصل والطعم. ويتحقق ذلك تبعا لقابلية الكامبيوم في كل من الأصـل والطعم لتكوين كالوس على سطوحهما، واتحاد الكامبيومين معا لتكوين طبقة كاملة من الكـامبيوم. يقطع كل من الأصل والطعم على أساس أن طبقات الكامبيوم الظاهرة في كل منها تتطابق معا حينها يضمان سويا.

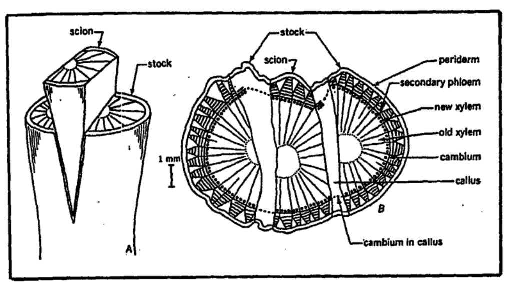
ينشأ الكالوس من المشتقات الحديثة للكامبيوم ومن الخلايا البارنكيمية المتاخمة له. والكـالوس الذي ينشأ من الطعم يتحد مع الكالوس الناتج من الأصل، وبالتالى فان الكامبيومان يتحدان معا لتكوين طبقة كمبيوم تعلو منطقة اتحاد الأصل والطعم. هذه المنـطقـة الكـامبيومية ينشـأ عنها أنسجة خشب ولحاء على امتداد خشب ولحاء الأصل والـطعم (شكـل ١٠٣). ويسـاعد في ألتحام الأنسجة بين الأصل والطعم أن يكون سطحا الكامبيوم كبيران، ويتحقق ذلك بأن يكون القطع مائلا في كل من الأصل والطعم.

والنباتات التي بينها علاقة قرابة وثيقة، أى التي تنتمى الى نفس الجنس أو العائلة، هى التى يمكن تطعيمهـا معا. والتطعيم يكون ممكنا في النباتات ذات الفلقتين فقط نظرا لوجود الكامبيوم فيها. ونجاح عملية التطعيم مبنى على قدرة خلايا الانسجة الحية على الانقسـام والنمـو عند جرحها، ثم اتحاد الخلايا المتجاورة ليصبح الأصل والطعم كأنهمـا نبـات واحـد .

حلقات النمو GROWTH RINGS

تمتـاز سيقـان الأشجار التي تنمو في المناطق المعتدلة والباردة بوجود طبقات واضحة مركزية الترتيب في الخشب الثانوى تسمى حلقات النمو. وتمثل كل حلقة مقدار الخشب الثانوى الذي يتكون في موسم نمو واحد، ولهذا تسمى بالحلقات السنوية Annual rings ويمكن أن يستفاد من عدد الحلقات كوسيلة تقريبية لتقدير عمر الساق. ويختلف متوسط سمك حلقة النمو في نفس النبات تبعا لتغير الظروف البيئية بين سنة وأخرى، وقد يختلف السمك في أجزاء نفس الحلقة وقد يؤدى تعرض النبات لظروف البيئة غير ملائمـة مثـل انخفـاض الحرارة أو الجفاف، لتكوين حلقات كاذبة، ضمن الحلقات العادية لاتكون معبرة عن عمر النبات.

وتتألف حلقة النمو أو الحلقة السنوية من خشب الربيع Spring wood وهو الخشب الثانوى الذي يتكون في فصل الربيع. ويمتاز خشب الربيع بأنه رخو، باهت اللون، أوعيتـه واسعـة، عديدة، جدرهـا رفيعة حتى تستطيع أن تقوم بنقل العصارة الكافية لأعضاء النبات خلال مرحلة نشاط النمو. وألياف هذا الخشب أقل من نسبة الأوعية،



(شكل ١٠٣): رسم تخطيطي لقطاع عرضي في ساق جنس الهبسكس يبين التحام أنسجة الأصل بالطعم في حالة التطعيم بالقلم. لاحظ نشاط الكامبيوم الناشىء في النسيج الجرحى والأنسجة الثانوية التي ربطت أنسجة الأصل والطعم.

وهى أوسع وجدرها أرق من مثيلتها في خشب الخريف، كما أن خلاياه البارنكيمية كثيرة. ويمتاز خشب الخريف بأنه أقتم لونا نتيجة لصغر قطر تجاويف أوعيته وجدرها السميكة، وتكثر به الألياف ذات التجاويف الضيقة والجدر السميكة الملجننة.

ويصعب وضع حد فاصل بين كل من خشب الربيع وخشب الخريف في نفس حلقة النمو نتيجة للتدرج في قطر العناصر الناقلة، غير أن هناك تحديد واضح بين خشب الخريف في موسم نمو وخشب الربيع في الموسم الذي يليه. والفرق بين خشب الربيع وخشب الخريف يكون أكثر وضوحا في أشجار المناطق المعتدلة، غير أنه غالبا غير متميز في أشجار المناطق الحارة لعدم وجود أختلافات بين فصول السنة يمكن أن تؤثر بدرجة ملحوظة في حجم عناصر الخشب.

ولقد لوحظ أن الأشجار التي تنمو في بيئات جيدة الإضاءة وتروى بانتظام تكون حلقاتها متساوية الاتساع بينما تلك التي تعتمد على مياه الأمطار فان حلقاتها تتفاوت في الاتساع بدرجة كبيرة، وقد يحدث أن تتكون حلقة مزدوجة في عام واحد اذا تدخل عامل طارىء مثل الصقيع أو وجود فصلان للأمطار.

المسام PORES

يستخدم المختصون في الأخشاب مصطلح المسام للدلالة على الثقوب التي تمثل

القطاعات العرضية لعناصر أوعية خشب السيقان الخشبية من ذوات الفلقتين. ويتميز خشب بعض الأشجار مثل الحور Populus والزان Fagus والجوز Juglans بأن المسام فيه تكون متجانسة تقريبا في القطر وتتوزع بانتظام خلال الحلقة السنوية.
ولهذا يوصف هذا الخشب بأنه منتشر المسام Diffuse - Porous wood. وخشب الأشجار الأخرى مثل البلوط Quercus ولسان العصفور Fraxinus والتوت Morus تكون المسام به كثيرة العدد وغير متماثلة في القطر حيث تكون أوعية الخشب المبكر أكثر اتساعا منها في الخشب المتأخر. والمسام في هذه الأخشاب تشاهد مرتبة في دوائر مركزية، ولهذا يوصف مثل هذا الخشب بأنه دائرى المسام Ring-Porous wood.

ويعتبر وجود المسام وأعدادها واتساعها ذات أهمية اقتصادية عند صبغ الأخشاب، فالأخشاب ذات المسام الواسعة والعديدة تتطلب استخدام كميات من المادة المالئة لسد الثقوب قبل صبغها أكثر مما تتطلبه الأخشاب ذات المسام الضيقة.

الخشب العصيرى الرخو SAPWOOD والصميمى HEARTWOOD

يعرف الخشب الذي يكون نشطا في نقل العصارة وخلاياه البارنكيمية حية بالخشب العصيرى أو الرخو، أما الخشب الداخلى الذي توقفت عناصره الوعائية عن القيام بنقل العصارة، وأصبحت خلاياه البارنكيمية ميتة فيعرف بالخشب الصميمى. يستمر الخشب العصيرى في القيام بوظيفة نقل العصارة وتخزين الغذاء طالما أحتوى على خلايا حية ضمن مكوناته. أما الخشب الصميمى فوظيفته الوحيدة هى التدعيم.

ويتضمن تحول الخشب العصيرى الى صميمى حدوث تغيرات هامة مثل انخفاض نسبة الرطوبة في الخشب العصيرى، وتفقد الخلايا الحية ما بها من بروتوبلاست، وتتلاشى المواد المدخرة في الخلايا البارنكيمية ويتشرب الخشب بمواد مختلفة مثل الراتنجات والدباغ وبعض المواد العطرية والصبغات. وقد تنفذ بعض هذه المواد الى تجاويف الخلايا أو الى جدرها. كما تتكون تيلوزات في تجاويف العناصر الناقلة خلال فترة تحول الخشب العصيرى الى صميمى كما في البلوط Quercus والتوت Morus والجوز Juglans وشجرة الجراد Robinia. ويؤدى وجود التيلوزات الى غلق تجاويف العناصر الناقلة كليا أو جزئيا.
أحيانا، تترسب بعض المواد الراتنجية أو الصموغ أو البلورات بداخل الأوعية بدرجة قد تؤدى الى انسدادها. وتغلق أيضا فجوات النقر بمواد صمغية أو راتنجية.

ويرجع اللون الداكن للخشب الصميمى الى المواد الملونة في جدر خلاياه أو فجواتها. ففي بعض الأجناس مثل التامول Betula والحور Populus لايختلف الخشب الصميمى عن الرخو في اللون. ولاتؤثر هذه التغيرات في متانة الخشب وانما تجعله أكثر

تحمـلا من الخشب العصيرى وأكثر قدرة على مقاومة الاصابة بالفطريات والحشرات. ويؤدى عدم وجـود مثـل هذه المـواد في الخشب الى تعفن قلب الشجـرة كما في أشجار الصفصـاف Salix. ويشغـل الخشب الصميمى المنطقة الوسطى من الساق وهو داكن اللون، بينما العصيرى فيشغل المنطقة الخارجية من الخشب المجاورة للكامبيوم الوعائى وهو عادة أصفر اللون.

ونتيجة لصفات التحمل في الخشب الصميمى وزيادة مقاومته للاصابة بالفطريات واحتوائه على رائحة ولون مرغوب فيهما، أو مواد ذات قيمة تجارية مثل الصبغات، فان قيمته التجارية تزيد كثيرا عن الخشب العصيرى.

ومع هذا، يفضل الخشب العصيرى في صناعة لب الخشب Wood Pulp لأنه خال من الصموغ والراتنجات والمواد الملونة، كما تقل به نسبة اللجنين عن الخشب الصميمى.

وتختلف نسبة الخشب العصيرى الى الصميمى تبعا لنوع النبات. ففي شجرة الجراد Robinia والتوت Morus يكون الخشب العصيرى رقيقا، بينما يكون سميكا في أجناس أخرى مثل الزان Fagus ولسان العصفور Fraxinus.

القلـــف BARK

ربما يفضل استخدام مصطلح قلف بمعنى غير فنى ليدل على جميع الأنسجة التي توجـد خارج الكـامبيوم الوعائى في كل من السيقان والجذور. ولقد سبق أن استخدم مصطلح قلف للدلالة على جميع الأنسجة التي توجد خارج أحدث كامبيوم فلينى -Phel logen وهـذه المنـطقة تشمل طبقات متبادلة من البريدرمات والأنسجة التي عزلتها من القشرة واللحـاء والتي ماتت نتيجة لانقطاع الماء والغذاء عنها والتي تعرف حاليا باسم رايتيدوم Rhytidome الـــذي يعـــرف عادة باسم القلف القشرى Shell bark وأحيانـا يستخدم مصطلح آخر هو القلف الخارجى Outerbark.

أمـا الأنسجـة المتبقية الحية للقلف، وهى اللحـاء Phloem وأعمق كامبيوم فلينى والقشرة الثانوية Phelloderm فتعرف مجتمعة باسم القلف الداخلى Inner bark.

وتوجد بضعة أنواع من القلف. ففي بعض النباتات مثل الزان Fagus والتامول -Be tula والحـور Populus يتكـون كامبيوم فلينى Phellogen سطحى مرة واحدة، ويستمر نشـاطـه خلال فصـل النمـو طوال حياة النبـات. ويزداد محيط هذا الكـامبيوم نتيجة للانقسامات القطرية في خلاياه واتساع الخلايا الناتجة مماسيا طوال حياة النبات. ونتيجة لنشاط هذا الكامبيوم يتكون قلف خارجى ناعم على سطح الساق يقوم بوظيفة الحماية

يسمى القلف الناعم Smooth bark. عادة تزداد عدد طبقات الفلين خلال بضع سنوات ثم تبقى ثابتة بعد ذلك. فمثلا، في نبات الحور Populus تزداد عدد طبقات الفلين في القلف الناعم من خمس طبقات في غصن عمرة عام واحد الى عشر طبقات في فرع عمره خمس سنوات. ويبقى هذا العدد ثابتا تقريبا بتقدم عمر الشجرة. ونتيجة للموقع السطحى للبريدرم، فان العديسات Lenticels في الأشجار ذات القلف الناعم مثل التامول Betula والزان Fagus تتسع مماسيا مع تقدم عمر الشجرة، وقد تبقى دون تغير كما في جنس لسان العصفور Fraxinus. وفي أنواع أخرى مثل العنب Vitis وياسمين البر Clematis ينشأ البريدرم الأول في صورة أسطوانة كاملة في بارنكيما اللحاء الابتدائى. وتتكون بريدرمات متتالية سنويا الى الداخل من الأولى تكون أيضا في صورة أسطوانات. يؤدى نظام تكوين البريدرم في هذه الحالة الى تشقق القلف في صورة أسطوانة صغيرة مجوفة (حلقات) ولهذا يعرف بالقلف الحلقى Ring bark.

ويحدث انفصال أسطوانات القلف خلال عناصر الفلين رقيقة الجدر. ومع هذا، فان تقشر القلف لايكون كاملا نتيجة لوجود مجموعات عديدة من ألياف اللحاء يتكون عنها تركيب شبكى في اللحاء.

في عدد من الأشجار، يكون البريدرم الأول سطحيا ويبقى في موضعه لبضع سنوات. وبتقدم عمر الشجرة، تنشأ بريدرمات جديدة في مناطق أكثر عمقا بنسيج القشرة. ويستمر تكوين بريدرمات جديدة سنويا الى الداخل في مناطق أعمق فأعمق مع تقدم عمر الشجرة حتى يتكون البريدرم في خلايا اللحاء الثانوى. هذه البريدرمات، لاتوجد في صورة أسطوانات، مثل البريدرم الأول، وانما في هيئة صفائح صغيرة، هلالية الشكل، غير منتظمة في المنظر الأمامى، حوافها متجهة الى الخارج، تتلاقى معا وترتكز على الصفائح التي سبقتها.

حينما يبدأ تكوين هذه الصفائح فانها تستمر في التكوين سنويا طوال حياة الشجرة. ونظام تكوين هذا النوع من البريدرم ينتج عن طبقة خارجية سميكة من القلف الخارجى، تتركب من طبقات متبادلة من البريدم والأنسجة التي عزلت بواسطتها. ونظرا لانعزال الأنسجة المتكونة خارج البريدرم عن مصادر الغذاء، لوجود خلايا الفلين الميتة، فانها في النهاية تموت. ونتيجة لضغط النمو الثانوى الناتج عن ازدياد أسطوانة الخشب الثانوى، فان الطبقات الخارجية من هذا القلف تتمزق وتتشقق لعدم قدرتها على الامتطاط. يحدث ذلك في صورة قشور غير منتظمة الشكل، ولهذا يسمى القلف الحرشفي Scale bark. والقلف الخارجى الحرشفى عبارة عن رايتيدوم Rhytidome بينما الداخلى يتألف من اللحاء.

يوجد نوع آخر من القلف يسمى القلف المشقق Furrowed bark كما في الصفصاف Salix وبعض أنواع الكافور Eucalyptus والجوز Juglans. وفي مثل هذه الأشجار، يحتوى اللحاء Phloem على حزم من الألياف يتكون عنها شبكة ليفية متصلة تؤدى الى تماسك القلف وعدم انفصال القشور المتكونة، ولهذا يظهر القلف مشققا.

الفصل السادس عشر

التركيب الداخلي للورقة

- نشأة وتكوين الورقة في ذوات الفلقتين
- نشأة وتكوين الورقة في ذوات الفلقة الواحدة
- منشأ وتكوين الورقة المركبة
- تكوين حراشيف البراعم
- التركيب التشريحي للأوراق في مُغطاة البذور
- تركيب الورقة في النباتات ذوات الفلقتين
- نهايات الحزم
- غلاف الحزمة
- أنسجة التدعيم في النصل
- تركيب عنق الورقة
- التركيب الداخلي لورقة نبات الكتان
- التركيب التشريحي لورقة ذات الفلقة الواحدة
- تركيب البشرة في ورقة النجيليات
- التركيب الداخلي لورقة نبات القمح
- انفصال الأوراق

الفصل السادس عشر
التركيب الداخلى للورقــة

الـورقـة عضـو جانبى تحمـل على عقـد الساق في مغطاة البذور، وهى أهم أجزاء المجمـوع الخضرى، فهى المختصة بتجهيز غذاء النبات، وعن طريق ثغورها يتنفس النبات ويتخلص من الماء الزائد عن حاجته.

وتتباين أوراق مغطاة البذور في شكل النصل والحافة والقاعدة ونظام التعريق، ومنها المعنق وغـيرها الجالس Sessile وهناك أوراق بسيطة وأخرى مركبة Compound leaves وهذه الأخيرة متنوعة في التركيب.

النصل Blade يكون عادة رقيقا يقويه عدد من العروق تتوزع فيه طبقا لنظام معين ويقوم بتوزيع المواد الممتصة إلى أنسجة الورقة وحمل الغذاء المتكون في خلاياه الى أجزاء النبات الأخرى.

وأنسجة الورقة ابتدائية لايحدث فيها نمو ثانوى، وأحيانا يحدث نمو ثانوى ضئيل في عنق الورقة والعروق الكبيرة الممتدة في النصل. ولايتكون في الورقة بريدرم Periderm غير أن هذا النسيج قد يتكون في حراشيف البراعم. والغالبية العظمى من الأوراق تخلو من أى نسيج اختزانى، ومع هذا، فان بعض النباتات، مثل الشوك الأحمر Salsola khali يخزن في خلايا النسيج المتوسط كميات كبيرة من الماء وقد يخزن في النصل زيوت عطرية مثل زيت السيترونيلا Citronella في نبات السنبل الهندى Cymbopogon nardus وزيت الجيرانيوم Geranium oil في نبات البلارجونيوم .Pelargonium sp كما يخزن الدباغ Tannins في أوراق نبـات الفوفل الهندى Uncaria. والكافيين Caffeine في أوراق نبات الشاى Camellia Sinensis.

منشأ وتكوين الورقة الخضراء في مغطاة البذور

الورقة عضو محدود النمو، تنشأ من المرستيم القمى للساق في مناطق محددة تبعا لنظام

ترتيبها على الساق. في بداية تكوين الورقة يكون النمو فيها قميا، ويستمر لفترة قصيرة. في معظم ذوات الفلقة الواحدة يتوقف النمو القمى حينما يصل طول البداية الورقية Leaf Primordium الى حوالى ١ /٢ ملليمتر، يصبح النمو بعد ذلك بينيا Intercalary. في ذوات الفلقتين، يستمر النمو الطرفى لفترة أطول حتى يصبح طول البداية بضعة ملليمترات. ومع هذا، قد تبقى قمة الورقة ذات تركيب مرستيمى طوال مراحل تكوينها كما في جنس ورد الشمس Drosera.

وتبدأ الورقة في الظهور على هيئة نتوء مستدير أو هلالى الشكل يسمى ركيزة الورقة Leaf Buttress. ولقد استخدم Louis هذا المصطلح في عام ١٩٣٥. يختلف المستوى الذي تظهر عنده ركيزة الورقة في المرستيم القمى Apical meristem للساق في الأنواع المختلفة. ففي عدد من الأنواع يكون المرستيم القمى مخروطى الشكل، تنشأ ركيزة الورقة عند قاعدته بعيدة نوعا عن قمته، وبذلك لايتغير مظهره خلال مراحل تكوين ركيزة الورقة. وفي حالات أخرى، الجزء الطرفى من المرستيم القمى، يعلو قليلا عن أحدث ركيزة ورقية، وقد يبدو غائرا نوعا، فتنشأ الركائز الورقية قريبا جدا من طرف المرستيم القمى، الأمر الذي يؤدى الى حدوث تغير في شكله وحجمه بصفة منتظمة مع نشأة هذه الركائز. والفترة بين نشأة ركيزتين ورقتيين متبادلتين أو متقابلتين على عقدتين متتاليتين أو بين سوارات Whorls من الأوراق يطلق عليها مصطلح Plastochrone وهذه تختلف من نوع إلى آخر.

ولايوجد نظام معين لنشأة الورقة في مغطاة البذور، أو تفاصيل مراحل تطورها. وبصفة عامة، تنشأ بداية الورقة بالانقسامات المماسية Periclinal divisions التي تحدث في خلايا المرستيم القمى تحت المنطقة الطرفية. وفي عدد كبير من مغطاه البذور، يحدث هذا النوع من الانقسامات في طبقة أو أكثر من الطبقات تحت السطحية وليس في السطحية. والطبقة السطحية ترتبط بتكوين ركيزة الورقة حيث تنقسم قطريا Anticlinal divisions لمواجهة الانقسامات في الخلايا تحت السطحية. في بعض مغطاة البذور، الطبقة السطحية مرتبطة بتكوين ركيزة الورقة نتيجة للانقسامات المماسية في خلاياها. في مثل هذه الحالة، فان الغطاء الخارجى للركيزة الورقية يتكون بالانقسامات القطرية للمشتقات الخلوية الخارجية الناتجة عن انقسامات خلايا الطبقة السطحية.

نشأة وتكوين الورقة في ذوات الفلقتين

عند تكوين ورقة بسيطة، من ذوات الفلقتين، فانها تمر بثلاث مراحل فيما بينها:

(١) تكوين ركيزة الورقة Foliar Buttress

(٢) تكوين محور الورقة Leaf Axis
(٣) تكوين نصل الورقـة Lamina

(١) مرحلة تكوين ركيزة الورقة Formation of Foliar Buttress

قديما، في عام ١٨٦٨ استخدم هانشتين مصطلحات نظرية أصل الأنسجة The his-togen theory في وصف منشأ وتطور الورقة، فأوضح أنها تنشأ من Dermatogen Perib-lem في المرستيم القمى، ولاتشترك Plerome في تكوينها.

وطبقا لنظرية الغطاء والبدن، يتنوع اشتراك كل من الغطاء Tunica والبدن Corpus عند تكوين ركيزة الورقة. فمثلا في نبات حشيشة الخنازير Schrophularia nodosa توجد طبقة واحدة للغطاء في المرستيم القمى، ويحدث الانقسام المماسى أولا في البدن وليس في الغـطاء. وفي العنق المتـورق Phyllode لنبات الأكاسيا Acacia الغطاء في المرستيم القمى يتركب من ثلاث طبقات خلوية، ومع هذا فانه يشترك مع البدن في تكوين ركيزة الورقة. في نبات الونكا Vinca minor يحدث الانقسـام المماسى الأول في الطبقة الداخلية للغطاء ثلاثى الطبقات.

وفي عدد من ذوات الفلقتين تنقسم طبقة الغطاء الخارجية قطريا مكونة غلافا يحيط بالـركيزة الـورقية. ولقد أوضحت نشأة ركيزة الورقة العلاقة المورفولوجية الوثيقـة بيـن السـاق والورقـة.

في معـظم ذوات الفلقتين، يحدث الانقسامات المماسية في بضع خلايا من طبقة أو أكثـر مجاورة للطبقـة السـطحية للغطاء Tunica. الطبقة السطحية، يحدث في خلاياها المجـاورة انقســامات قطرية لمواجهة الانقسامات في الخلايا تحت السطحية. في بعض مغـطاة البـذور، تتكون ركيزة الورقة بالانقسامات المماسية في بضع خلايا من الطبقة السـطحية للغـطاء، وغطاء الركيزة ينشأ عن الانقسامات القطرية للمشتقات الخلوية الخارجية الناتجة عن خلايا الطبقة السطحية.

يتضـح مما تقـدم، أن ركيزة الورقة في ذوات الفلقتين، قد تنشأ كليا من الغطاء في المرستيم القمى، أو من منطقة تتضمن كل من خلايا الغطاء والبدن الخارجية.

وتزداد ركيزة الورقة في الحجم بالنمو القمى Apical growth والاتساع الجانبى حول المـرستيم القمى. الاتسـاع الجانبى للركيزة يتنوع تبعا لشكل الورقة وشكل الأذينات وموضعها بالنسبة للعنق.

فإذا كان موضـع اتصـال الـورقـة بالعقـدة ضيقا، فان الانقسامات الخلوية تكون موضعية، أما اذا كانت القاعدة كبيرة أو محيطة بالعقدة كما في نباتات العائلة الخيمية

Apiaceae امتدت الانقسامات على الجانبين من موضع البداية في صورة حلقة حول العقدة.

(٢) مرحلة تكوين محور الورقة Formation of Leaf Axis

باستمرار الانقسامات المماسية ينشأ عن ركيزة الورقة محورا قصيرا وتدى الشكل مفلطحا عند طرفه. اذا كانت الورقة ذات أذنات، فان الانسجة الانشائية لها تتكون كانتفاخات صغيرة عند قاعدة هذا المحور الوتدى الشكل، وهو يمثل محور الورقة الصغيرة شاملا لعنق الورقة وعرقها الوسطى Petiole-midrib part واذا كانت معنقة أو العرق الوسطى فقط اذا كانت جالسة. هذا المحور يوجد عند قمته البدايات الانشائية لنصل الورقة. بعبارة أخرى، هذا المحور عبارة عن ورقة لم يتم تكشفها الى عنق وعرق وسطى ونصل.

والنشاط المرستيمى في محور الورقة يكون في البداية قميا Apical متبوعا بانقسامات ونمو بينى Intercalary growth. النمو القمى لايستمر طويلا، ويؤدى الى استطالة بداية محور الورقة ويحدث نتيجة للانقسامات المماسية والقطرية في خلية أو أكثر من خلايا تحت البشرة Subepidermal cells. ونظرا لأن النمو القمى يتوقف مبكرا، فان الورقة تعتبر عضوا محدود النمو Determinate growth. ويتنوع طول البداية الورقية عند هذه المرحلة، وعادة يكون طولها أقل من ملليمتر واحد قبل استكمال النمو القمى فيها.

(٣)مرحلة تكوين المرستيمات الحافية وتكشف النصل

Formation of Lamina and Marginal Meristems

خلال المراحل الأولى لاستطالة محور الورقة، تبقى الحواف في حالة نشاط مرستيمى زائد مقارنة بخلايا النسيج الأساسى الداخلى فيتكشف نوعان من البدايات الخلوية، هما البداية القمية Apical initial والبداية تحت القمية Subapical initial وذلك في قمة بداية الورقة الصغيرة عن طريق الانقسامات المماسية. يؤدى نشاط هذه البدايات الى تكوين حافتان جانبيتان من خلايا مرستيمية هما المرستيمان الحافيان Marginal meris-tems اللذان يتكون عنهما نصل الورقة. المرستيم الحافى يتركب من صف من البدايات السطحية يسمى البدايات الحافية Marginal initials يبطنه من الداخل صف آخر من البدايات تحت السطحية يسمى البدايات تحت الحافية Submarginal initials.
البدايات السطحية الحافية تنقسم بمستويات قطرية أى عمودية على السطح فينشأ عنها بشرة الورقة التي تضم البشرة العليا Upper epidermis والبشرة السفلى Lower Epider-mis كل منهما يتركب من صف واحد من الخلايا.

البدايات تحت السطحية الحافية تنقسم مماسيا Periclinally وقطريا Anticlinally فينتج النسيج المتوسط للورقة، في النسيج المتوسط.

النسيج المتوسط، في بعض الأحيان، قد يتركب من نوع واحد من الخلايا، ومع هذا، في أنواع أخرى، الانقسامات في المشتقات الخلوية للبدايات الحافية تحت السطحية، والاختلافات في نمو الخلايا الناتجة، يؤدى الى تمييز النسيج المتوسط الى نسيج عمادى Palisade tissue تجاه البشرة العليا وآخر اسفنجى Spongy tissue تجاه البشرة السفلى. النسيج العمادى ينشأ به بلاستيدات خضراء كثيرة، وبين خلاياه مسافات بينية، بينما يقل عدد البلاستيدات الخضراء في البارنكيما الاسفنجية Spongy parenchyma وذات مسافات بينية واسعة وكثيرة، وخلاياه غير منتظمة الشكل. عدد طبقات النسيج المتوسط يكون ثابتا في نصل الورقة ويمثل صفة يتميز بها النوع.

ثم يأخذ النصل بعد ذلك في الاتساع في الرقعة السطحية والسمك. فالانقسامات المماسية في مشتقات البدايات تحت القمية تزيد من سمك النصل بينما الانقسامات القطرية في جميع طبقات الخلايا تؤدى الى زيادة طوله. هذا النمو في الورقة يعتبر بينيا نظرا لأنه توقف عند القمة مبكرا أكثر منه عند القاعدة.

والنسيج الوعائى Vascular tissue والعرق الوسطى Midvein وكذلك العروق الصغيرة Small veins تتكشف أيضا في مشتقات البدايات تحت الحافية Submarginal initials ويبدأ التكوين الوعائى في الأوراق ذوات الفلقتين بتكشف الكامبيوم الأول Pro-cambium بينما البداية الورقية تكون في مرحلة المحور الوتدى. ويبدأ تكشف الكامبيوم الأول في داخل جزء البداية الورقية الأوسط قريبا من الطرف النامى، ويمثل بداية العرق الوسطى، يليه الحزم الكبيرة ثم الصغيرة حتى يتكون التعريق الشبكى. والكامبيوم الأول في نصل الورقة وعنقها يتكون عنه جهاز وعائى متصل بكامبيوم مسار الورقة في محور الساق. ويتكشف الخشب، من الكامبيوم الأول، في الحزم الوعائية في الورقة تجاه السطح العلوى بينما اللحاء تجاه السطح السفلى.

يتضح مما تقدم أن البدايات الحافية السطحية ينشأ عنها، بالانقسامات القطرية، البشرة وحيدة الصف على كل من سطحى الورقة والتي تضم البشرة العليا والبشرة السفلى. وتكشف مشتقات البدايات تحت الحافية Submarginal initials ينتج عنها الأنسجة الأخرى في الورقة.

وعادة، تنقسم البدايات تحت الحافية بجدر مماسية وأخرى قطرية بالتبادل. الانقسامات القطرية تؤدى الى تكوين نسيج متوسط علوى Upper mesophyll وهو عبارة عن النسيج العمادى Palisade tissue وآخر سفلى Lower Mesophyll وهو عبارة عن

النسيج الاسفنجى السفلى Lower Spongy tissue. أما الانقسامات المماسية يتكون عنها الطبقة الوسطى Middle layer. الانقسامات المتتالية في الطبقة الوسطى تؤدى الى تكوين الكامبيوم الأول Procambium الذي تتكشف عنه الحزم الوعائية للعرق الوسطى والعروق الصغيرة بالاضافة الى النسيج الاسفنجى الأوسط.

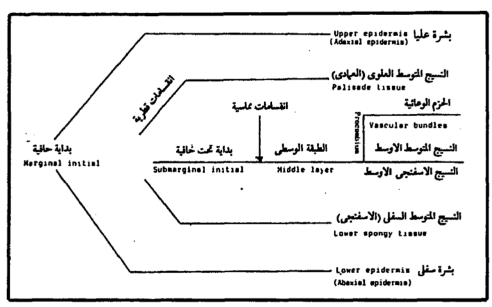
والنمو في الرقعة السطحية للنصل يحدث نتيجة لنشاط المرستيم الصفيحى Plate meristem ويتركب من بضع طبقات متوازية من الخلايا بجوار حافة الورقة تنمو في مستوى واحد عمودى على السطح. هذا النشاط يحدث عقب النمو الحافى للنصل ويستمر لفترة طويلة بعد توقف النمو الحافى. نشاط المرستيم الصفيحى يحدث بالانقسام القطرى في خلاياه الأمر الذي يؤدى الى عدم زيادة النصل في السمك فيما عدا منطقة الأشرطة الكامبيومية. ويتنوع مدى انقسام الخلايا واتساعها في أنسجة الورقة الآخذة في التكوين. الخلايا العمادية تستمر في الانقسام بعد أن تتوقف البارنكيما الاسفنجية عن الانقسام، كما أن اتساع الخلايا يستمر فترة أطول عادة في خلايا البشرة. هذه الفعاليات تحدث ضغوطا تؤدى الى تكوين مسافات بينية انفصالية Schizogenous air spaces في النسيج المتوسط.

ويمكن تلخيص المراحل الهامة في تكوين الورقة البسيطة فيما يلي:

(١) تكوين البداية الورقية في هيئة ركيزة الورقة Leaf buttress.
(٢) اتساع البداية الورقية بالنمو القمى والنمو البينى لتكوين منطقة عنق الورقة وعرقها الوسطى.
(٣) تكوين النصل بواسطة المرستيمات الحافية وتحت الحافية.
(٤) النمو السطحى للنصل نتيجة لنشاط المرستيم الصفيحى Plate meristem.

ومن الناحية العامة، فان البدايات الحافية ينتج عنها البشرة العليا والبشرة السفلى. أما البدايات تحت الحافية الظهرية، القريبة من المحور Adaxial Submarginal فينتج عنها البارنكيما العمادية Palisade Parenchyma والطبقة الوسطى Middle layer ينشأ عنها النسيج الوعائى. والبدايات تحت الحافية السفلى، البعيدة عن المحور Abaxial submarginal initials يتكون عنها الجزء الأكبر من النسيج (الاسفنجى Spongy Tissue. في بعض الأحيان، مشتقات الطبقة الوسطى ينشأ عنها جزء من البارنكيما الاسفنجية (النسيج الاسفنجى) بالاضافة إلى تكوين النسيج الوعائي.

ويوضح الشكل التالى كيفية نشوء أنسجة الورقة من البدايات الحافية وتحت الحافية:



ملحوظة: البداية تحت الحافية يطلق عليها أحيانا بداية تحت البشرة.

نشأة وتكوين الورقة في ذوات الفلقة الواحدة

لقد درست باستفاضة منشأ وتكوين الأوراق في النجيليات، والتي يمكن اعتبارها ممثلة لذوات الفلقة الواحدة. والورقة في النباتات النجيلية تتركب من غمد Sheath ونصل طويل شريطى تعريقه متوازى طولى.

وتنشأ الورقة في النجيليات كنتوء صغير جانبى على أحد جوانب المرستيم القمى عند قاعدته، نتيجة للانقسامات المماسية في مجموعة من عدد قليل من خلايا الطبقة السطحية وتحت السطحية. ويؤدى استمرار الانقسامات على جانبى هذا النتوء الى تكوين تركيب مميز من نسيج مرستيمى يشبه الياقة Collar يمكن اعتباره ركيزة الورقة Leaf buttress يحيط بقاعدة المرستيم القمى، وهى بذلك تكون أكبر اتساعا منها في ذوات الفلقتين. إذا كان غمد الورقة مفتوح التقت حافتا هذا النمو عند جانب محور الساق المواجه لمنطقة منشأ الورقة وتمتد احدى الحافتين فوق الاخرى وتتراكب عليها. وإذا كان الغمد مغلقا، وهى حالة نادرة في النجيليات بينما تكون مميزة في العائلة السعدية Cyperaceae ينتج تركيب حلقى كامل عن نمو النتوء الجانبى.

وتنمو ركيزة الورقة الى أعلا عند موضع منشئها نموا قميا Apical growth من النسيج الانشائى، قبل أن يستكمل النمو الجانبى حول العقدة. خلال هذا النمو تظل منطقة النشوء هى العليا وتنحدر الى أسفل على امتداد حافتها. في المراحل الأولى لتكوين ورقة النجيليات تكون بداية الورقة في صورة تركيب يشبه قلنسوة البرنس Hood. ولاتوجد

حدود فاصلة بين غمد الورقة ونصلها في هذه المرحلة، رغم أن الجزء الذي يحيط بالمرستيم القمى يمكن اعتباره غمد الورقة.

وتتضح الحدود بين النصل والغمد حينها يتكون اللسين Ligule وهو زائدة غشائية تنشأ عند قمة الغمد من الطبقة السطحية الداخلية. ويستمر النصل في الاستطالة نتيجة للنمو البينى Intercalary growth الذي يستمر فترة أطول عند قاعدته أى فوق مستوى اللسين. والنشاط المرستيمى البينى الذي يتكون عنه الغمد يحدث تحت اللسين. النشاط المرستيمى البينى في ورقة النجيليات يكون أساسيا في بناء ورقة النجيليات، في الوقت الذي يكون النشاط القمى قصيرا أو أقل أهمية عما هو عليه في ذوات الفلقتين.

ونظرا لأن الغمد يأخذ في النمو متأخرا، فانه يتأخر في التكوين عن النصل. والسلامية التي توجد تحت الورقة تستمر في الاستطالة بينما تكون الورقة قد توقفت عن النمو.

والنمو الحافى Marginal growth يحدث نتيجة لنشاط البدايات الحافية Marginal in- itials وتحت الحافية Submarginal initials. المشتقات الخلوية لهذه البدايات قد تصبح مرتبة في طبقات متوازية وتنقسم قطريا خلال مرحلة الاتساع في الرقعة السطحية للنصل، مرستيم صفيحى Plate meristem كما هو الحال في ذوات الفلقتين.
أشرطة الكامبيوم الأول تنشأ في الطبقة الوسطى Middle layer بالانقسامات الخلوية في شتى المستويات.

منشأ وتكوين الورقة المركبة ONTOGONY OF COMPOUND LEAF

من الناحية العامة، الوريقات في الورقة المركبة تنشأ أما في تعاقب قاعدى Basipetal أى من القمة الى القاعدة، أو في تعاقب قمى Acropetal succession من القاعدة الى القمة، أو في تسلسل متنوع حيث تنشأ أولا الوريقات الوسطى يليها أخرى في اتجاه قاعدى أو قمى.

والورقة المركبة تنشأ كمحور ورقة على ركيزة الورقة وهذا المحور يعتبر بداية عنق ومحور الورقة المركبة يحمل البدايات المرستيمية للوريقات في صورة نموات نصف كروية على حوافه، كل وريقة تماثل في منشئها وتكوينها الورقة البسيطة فتظهر في صورة محور وريقة Leaflet axis يحدث فيه نمو قمى ثم نمو بينى، وأخيرا ينشأ النصل من البدايات الحافية وتحت الحافية.

تكوين حراشيف البراعم

حراشيف البراعم Cataphylls في النباتات متساقطة الأوراق ذات صفات تشريحية

خاصة تميزها عن الورقة العادية. فالنسيج المتوسط في حراشيف البراعم ضعيف التكوين عادة، والبارنكيما الاسفنجية تكاد تكون خلاياها منتظمة الشكل وقليلة المسافات البينية، كما أن النسيج العمادى يكون غائبا أو مختزلا. والثغور غائبة أو قليلة العدد واذا وجدت تكون على السطح العلوى أكثر منها على السفلى الذي تكسوه أدمة سميكة. والحراشيف الخارجية قد يتكون بها بريدرم Periderm تحت البشرة.

والجهاز الوعائى شحيح، وعناصر الخشب واللحاء تكون قليلة. والنسيج الميكانيكى يكون مختزلا من الطراز الكولنكيمي، وقد توجد الألياف أو الاسكلريدات كما في الحور Populus والبلوط Quercus.

وكما هو الحال في الورقة البسيطة تنشأ حراشيف البراعم بالانقسامات المماسية، والقطرية في المنطقة السطحية للمرستيم القمى حيث يتكون محور الورقة الحرشفية. بعد فترة يختلف تطور هذه البداية عن مثيلتها في حالة الورقة البسيطة لنفس النبات. ومن نواحى الاختلافات أن محور الورقة البسيطة يزداد في السمك بينما يكون هذا النمو ضئيلا أو معدوما في الورقة الحرشفية. والنمو الحافى في الورقة الحرشفية يكون سريعا، ويتركز أساسيا في الاتجاه الجانبى. النمو الحافى السريع مع عدم تغلظ محور الورقة، يعطى الورقة الحرشفية مظهرها المغلق Sheathing form. وتنضج أنسجة الورقة الحرشفية بسرعة دون حدوث التميز الذي يحدث في أنسجة الورقة العادية.

ولقد أهتمت الدراسات بمحاولة معرفة العوامل التي تحدد نوعية تكشف البداية الورقية لتكون ورقة عادية أو حرشفة برعم Bud scale. فيرى البعض أن الحرشفة تنشأ عن بداية ورقة توقفت عن النمو واتخذت خطا تكشفيا أدى بها الى تكوين الحرشفة، وهناك من يرى أنه يوجد تبادل زمنى بين نشأة الأوراق والحراشيف.

التركيب التشريحي للأوراق في مغطاة البذور

تركيب الورقة في النباتات ذوات الفلقتين

نصـــل الورقـــة

تتركب الورقة الخوصية Foliage leaf من ثلاثة أجزاء هى النصل والعنق والقاعدة. النصل Leaf blade or Lamina هو جزء الورقة المختص بعملية البناء الضوئى، والعنق Petiole يصل مابين النصل والساق وتنقل من خلاله الذائبات المختلفة من والى النصل وتعريضه لأكبر مقدار من الاضاءة، والقاعدة Base هى الجزء الذي يصل العنق بالساق، وهى أكبر حجما بقليل من العنق.

ويمكن دراسة تركيب نصل الورقة الداخلى في ورقة من ذوات الفلقتين في قطاع

مستعرض يمر بالعرق الوسطى Midvein. وتوضح الدراسة المجهرية للقطاع وجود ثلاثة مجاميع نسيجية أساسية هى (١) البشرة، (٢) النسيج المتوسط، (٣) العروق أو الحزم الوعائية (شكل ١٠٤).

- البشـــرة Epidermis (Epi – Upon; Dermis – Skin)

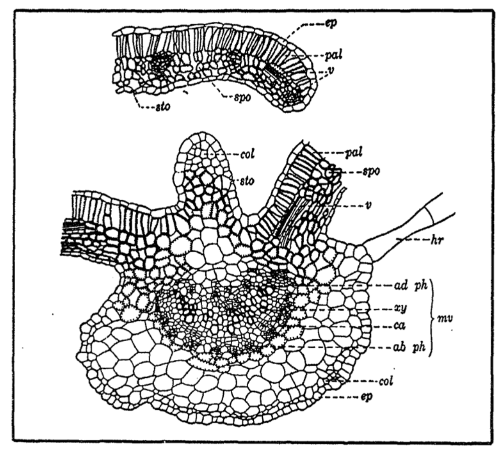
البشرة طبقة وقائية من صف واحد عادة من الخلايا تغلف كلا من السطح العلوى والسفلى للنصل، وهى نسيج ابتدائى يتركب من خلايا حية عادة ذات سيتوبلازم رقيق، النواة به واضحة، ويحيط فجوة عصارية كبيرة. ويعيش البروتوبلاست طويلا، ويموت قبل سقوط الورقة مباشرة.

خلايا البشرة، خالية من البلاستيدات الخضراء، باستثناء الخلايا الحارسة للثغور Guard cells وخلايا نباتات الظل وبعض النباتات المائية. أحيانا توجد حويصلات حجرية Cytoliths في بعض خلايا البشرة كما في التين المطاط Ficus elastica من العائلة التوتية Moraceae ونبات بلسان Momordica من العائلة القرعية Cucurbitaceae. وقد تحتوى خلايا البشرة على بلورات صغيرة من أكسالات الكالسيوم. أحيانا تمتد خلايا البشرة في شكل حلمات Papillae كما في أوراق الكاكاو Theobroma cacao والبازلاء Pisum sativum.

وكثيرا تنمو شعور على سطوح أوراق كثير من النباتات، يتنوع تركيبها وشكلها، وهى اما غدية أو غير غدية. قد تكون هذه الشعور كثيفة تحمى البشرة من فقد الماء.

وخلايا البشرة العادية منبسطة، غالبا متماثلة الأقطار. الجدر القطرية تظهر في أوراق ذوات الفلقتين غالبا متموجة في المنظر السطحى ومتداخلة فيما بينها بينما تكون الثغور متناثرة بينها، كما في أوراق نبات الفول Vicia faba والدخان Nicotiana والبازلاء Pisum Sativum ونبات اصبع العذراء Digitalis أحيانا تكون الجدر مستقيمة كما في جنس السنامكى Cassia Angustifolia. وخلايا البشرة مرتبة باحكام، فلاتوجد بينها مسافات بينية فيما عدا أماكن فتحات الثغور.

الجدر الخارجية لخلايا البشرة، في النباتات الأرضية، تكون سميكة، تغطى من الخارج بطبقة أدمة Cuticle يختلف سمكها تبعا لنوع النبات وعوامل البيئة المحيطة: في النباتات المائية ونباتات الظل تكون الأدمة رقيقة، ويحدث أقصى تكوتن لجدر البشرة في النباتات الصحراوية Xerophytes وتكون أكثر سمكا على البشرة العليا، وقد تكون هذه الجدر ملجننة. وأحيانا تتكوتن جدر خلايا تحت البشرة. سطح الأدمة الخارجى يشاهد في صورة بروزات وتجاويف ذات أشكال مختلفة. وأحيانا، تغطى الأدمة بطبقة من



(شكل ١٠٤) قطاع عرضى في منطقة العرق الوسطى لنصل ورقة ذات فلقتين.

لاحظ النسيج العمادى يتكون من طبقة واحدة تجاه البشرة العليا. يليه النسيج الأسفنجى. الحزم الوعائية تتركب من لحاء علوى وآخر سفلى، الخشب تجاه السطح العلوى.

يوجد كامبيوم بين اللحاء السفلى والخشب. الخلايا الكولنكيمية أعلى وأسفل الحزم الوعائية تصل حتى البشرة في منطقة العرق الوسطى.

الشمع تأخذ صورا مختلفة. وقد يتكون الشمع بكميات اقتصادية كما في شجرة الشمع Copernicia prunifera.

ويتراوح سمك الجدار الخارجى لخلايا البشرة عادة بين ٣-٤ ميكرون، ولقد ذكر أنه يوجد تحت الملليمتر المربع الواحد من الجدر الخارجية لخلايا البشرة في أوراق كثير من النباتات أكثر من ٢٠٠٠ من الجدر القطرية.

وعادة، تكون كل من البشرتين العليا والسفلى للأوراق متشابهتين في التفاصيل التركيبية، باستثناء سمك طبقة الأدمة التي تكون أكثر سمكا على البشرة العليا، كما أن

الثغور تكون أكثر عددا على البشرة السفلى. في بعض النباتات، كما في الزيتون Olea والتفاح Malus والبلوط Quercus لاتوجد ثغور على البشرة العليا. في النباتات المائية ذات الأوراق الطافية مثل Nymphaea تقتصر وجود الثغور على السطح العلوى فقط. في الأوراق التي يأخذ فيها النصل وضعا عموديا حيث يتعرض سطحى النصل لدرجة واحدة تقريبا للضوء مثل الكافور Eucalyptus يتساوى عدد الثغور تقريبا على كل من السطحين. ويندر وجود الثغور فوق العروق Veins.

ويختلف عدد الثغور تبعا لنوع النبات والى درجة ما تبعا للبيئة. وبصفة عامة يتراوح العدد بين ١٠٠-٤٠٠ ثغر في المليمتر المربع من سطح الورقة. في النباتات الصحراوية يتراوح عدد الثغور في المليمتر المربع بين ١٠-١٥ ثغر. وعدد الثغور الكلى في ورقة تباع الشمس قد يبلغ حوالى ٢ مليون والزيتون حوالى ١/٢ مليون.

ويوضح الجدول التالى عدد الثغور التي توجد في البشرة العليا وكذلك السبفلى لعدد من النباتات الاقتصادية:

عدد الثغـــــور في المليمتر المربع

اســـــم النبـــــــات		البشرة العليا	البشرة السفلى
الذرة	Zea mays	٥٢	٦٨
القمـــح	Triticum aestivum	٣٣	١٤
تباع الشمس	Helianthus annus	١٧٥	٣٢٥
البلوط الاحمر	Quercus suber	—	٦٨
التفاح	Malus sylvestris	—	٢٩٤
الخوخ	Prunus persica	—	٢٢٥
الكوليس	Coleus esculentus	—	١٤١
الطماطم	Lycopersicon esculentum	١٢٠	١٣٠
الفاصوليا	Phaseolus vulgaris	٤٠	٢٨١
الكرنب	Brassica oleraceae	١٤١	٢٢٦
البرسيم الحجازى	Medicago sativa	١٦٩	١٣٨
الخروع	Ricinus communis	٦٤	١٧٦
الشوفان	Avena sativa	٢٥	٢٣
البيجونيا	Begonia coccinea	—	٤٠

يتضح من هذا الجدول أن الثغور توجد غالبا على السطحين العلوى؛ البشرة العليا Upper epidermis والسفلى؛ البشرة السفلى Lower epidermis. وأحيانا، تخلو البشرة

العليا من الثغور، وعدد الثغور على البشرة السفلى يكون عادة أكبر منه على العلوى. ففي الـذرة مثلا، النسبة بين عدد الثغور على السطح العلوى الى عددها على السطح السفلى تكون حوالى ٣ : ٥ وفي الفاصوليا ١ : ٧ وفي الخروع حوالى ٤ : ١١.

ويتركب الثغـر في أوراق النبـاتـات ذات الفلقتـين من خليتـين حارستـين كلويتى الشكل، قد تتصلان مباشرة بباقى خلايا البشرة أو يكون اتصالها عن طريق عدد من خلايا اخـرى متخصصة تسمى الخلايا المساعدة Subsidiary cells يتراوح غالبا عددها بين خليتين وأربع خلايا أو أكثر.

ويختلف مستوى الثغور بالنسبة لخلايا البشرة المحيطة. فقد يكون الثغر في مستوى خلايا البشرة، أو يعلو أو ينخفض قليلا. وقد تكون الثغور في تجاويف محاطة بشعيرات نامية من خلايا البشرة كما في الدفلة Nerium.

وتكون البشرة متضاعفة Multiple epidermis في أوراق بعض النباتات التي تنتمى الى عدد من العائلات النباتية مثل التوتية Moraceae وكما في التين مطاط Ficus elastica والفلفلية Piperaceae كما في ببروميا Peperomia. ويتراوح عدد طبقات هذه البشرة بين ٢ـ١٦ طبقة خلوية. وتخلو الطبقات تحت البشرة السطحية من البلاستيدات الخضراء. وتقوم خلايا البشرة المتضاعفة عادة باختزان الماء.

وتـتركـز وظيفـة البشرة في حماية الأنسجـة الـداخلية للنصـل من الجفاف والأحياء الدقيقة، وعوامل البيئة المحيطة. فوجود الأدمة يؤدى الى خفض كبير في عملية النتح Transpiration من الورقة. ويبلغ مقدار النتح من خلال الأدمة حوالى ١٠٪ من مقدار النتح الكلى، والباقى يحدث خلال فتحات الثغور في معظم النباتات. ويؤدي الترتيب المحكم لخلايا البشرة، وجدرها القوية المدعومة بالكيوتين واللجنين، بالاضافة إلى وجود الأدمة، إلى اعطاء قوة ميكانيكية الى النسيج المتوسط. ووجود الثغور في البشرة يساعد في حدوث التبادل الغازى في عملية التمثيل الضوئى والتنفس.

النسيج المتوسط Mesophyll Meso – Middle; Pyllon – Leaf

وهو النسيج الأساسى في الورقة، ويقع بين البشرتين العليا والسفلى. يتركب النسيج المتـوسط من خلايا بارنكيمية رقيقـة الجـدر تتبـاين في شكلهـا وتـرتيبهـا، وهى غنية بالبلاستيدات الخضراء. ويتخصص النسيج المتوسط في القيام بعملية البناء الضوئى. ويتميز النسيج المتـوسط في معـظم أوراق النبـاتـات ذات الفلقتين الى نسيجين يعرف أحدهما بالنسيج العمادى والآخر بالنسيج الاسفنجى، وذلك في الأوراق ذات السطحين المختلفـين Dorsiventral or Bifacial leaf التي تكون في وضع أفقى أو مائل. في حالة

الأوراق المنتصبة التي تكون قائمة مما يجعل سطحيها معرضين بالتساوى للضوء مثل الدفلة Nerium والكافور Eucalyptus والصفصاف Salix وتوجد طبقة عمادية تحت البشرة العليا وفوق البشرة السفلى وبينهما النسيج الاسفنجى، وتعرف مثل هذه الورقة بذات السطحين المتشابهين Isobilateral leaf.

أ - *النسيج العمادى* Palisade Tissue Palus - Stake

يوجد هذا النسيج تجاه البشرة العليا. يتركب عادة من طبقة واحدة من خلايا كلورنكيمية أسطوانية الشكل رقيقة الجدر محاورها الطويلة تكون عمودية على البشرة، تسمى الخلايا العمادية Palisade cells. قد تكون الخلايا العمادية متساوية الأقطار كما في الهندباء البرى Taraxacum أو تختلف نسبة الطول الى العرض كما في تباع الشمس (٦ : ١) والخروع (١٠ : ١) حيث يكون طول الخلية عدة مرات أكثر من عرضها. في أوراق القطن، تكون الخلايا العمادية طويلة لدرجة تشغل مايقرب من نصف النسيج المتوسط. الخلايا العمادية في البازلاء Pisum sativum رفيعة يبلغ طولها حوالى ١/٣ النسيج المتوسط.

وتحتوى الخلايا العمادية على بلاستيدات خضراء عديدة. ولقد قدر ان الخلايا العمادية الموجودة في ملليمتر مربع واحد من ورقة نبات الخروع تحتوى على حوالى ٤٠٠ ألف بلاستيدة خضراء بينما يوجد حوالى ٩٢ ألف بلاستيدة خضراء في نفس المساحة من خلايا الاسفنجية. وخلال عملية البناء الضوئي، تترتب البلاستيدات الخضراء في هيئة طبقة واحدة بجوار جدار الخلية، وأحيانا تترتب في عدة صفوف رأسية.

ويتركب النسيج العمادى في النباتات الوسيطة Mesophytes من طبقة أو طبقتين من الخلايا العمادية، بينما في الصحراوية قد يتألف من بضع طبقات، الطبقة الخارجية منها تكون خلاياها أكثر طولا بينما الداخلية تكون أقصرها.

وفي الأوراق ذات السطحين المتشابهين Isobilateral leaves يوجد النسيج العمادى في طبقة أو أكثر تحت كل من البشرتين. فمثلا، في نبات السنامكى Cassia Angustifolia توجد طبقة واحدة بينما في الكافور Eucalyptus توجد ٣-٥ طبقات من الخلايا العمادية تحت كل من البشرتين، مع قدر بسيط من النسيج الاسفنجى في وسط النصل. وترتبط الخلايا العمادية بعلاقة محددة مع خلايا البشرة فيما يسمى النسبة العمادية Palisade Ratio وهى عبارة عن متوسط عدد الخلايا العمادية التي توجد تحت خلية واحدة من خلايا البشرة. وهذه النسبة تكون ثابتة بالنسبة للنوع الواحد. في حالات قليلة، يكون النسيج المتوسط غير متميز الى عمادى واسفنجى كما في الكتان Linum وبعض النباتات المائية.

ويمثل النسيج العمادى جزء الورقة الأكثر تخصصا في عملية البناء الضوئى ويرجع ذلك الى احتوائه على معظم البلاستيدات الخضراء في الورقة. وتبدو الخلايا العمادية ملتصقة ببعضها، غير أن جزءا من سطوحها يكون معرضا للمسافات البينية. هذه المسافات تكون عادة أصغر مما في النسيج الاسفنجى، وتتصل بالمسافات البينية في النسيج الاسفنجى. والسطوح الحرة من الخلايا العمادية المعرضة للمسافات البينية تكون أكبر بضع مرات مما في النسيج الاسفنجى. في ورقة البازلاء، تكون الخلايا العمادية غير محكمة الترتيب ولذلك توجد مسافات بينية كثيرة بينها. وتتجمع الخلايا العمادية عند أطرافها الداخلية في مجاميع صغيرة تتصل كل منها بخلية اسفنجية تتجمع فيها نواتج البناء الضوئى من هذه الخلايا. هذه الخلية ذات عدة جوانب، تسمى الخلية المجمعة Collecting cell.

ب ـ *النسيج الأسفنجى* Spongy Tissue

يقع تحت النسيج العمادى ويتركب من بضع طبقات من خلايا كلورنكيمية غير منتظمة الشكل، تكثر بينها الفراغات البينية لدرجة أن حجم هذه الفراغات قد يكون أكبر من حجم الخلايا. تحتوى الخلايا على بلاستيدات خضراء أقل بكثير مما يوجد في الخلايا العمادية. يؤدى عدم انتظام الخلايا في الشكل الى أن تصبح الخلايا ذات أذرع ممتدة تتصل بأذرع الخلايا الاسفنجية الأخرى، فيتكون تركيب شبكى غير منتظم من خيوط خلوية تتصل بأغلفة الحزم الوعائية Bundle sheaths وتنحنى فوق مناطق الثغور.

وكثرة المسافات البينية واتساعها يؤدى الى تعرض مساحة كبيرة من جدر الخلايا للهواء المحتوى على الغازات التي يعتمد عليها في البناء الضوئى والتنفس، الأمر الذي يؤدى الى قيامها بوظائفها. وتتصل الفراغات الهوائية في النسيج المتوسط بالتجاويف الهوائية تحت الثغور.

وتتركز الوظيفة الرئيسية للنسيج الاسفنجى في تيسير حركة الهواء داخل أنسجة الورقة والمساعدة في امداد الخلايا العمادية باحتياجاتها من ثانى أكسيد الكربون اللازم لعملية البناء الضوئى بالاضافة الى تقليل فقد الماء عن طريق الثغور.

ويحتوى النسيج المتوسط احيانا على خلايا تختلف في الشكل والحجم والمحتويات عن بقية خلاياه. فمثلا، في ورقة نباتات الشاى Camellia والدخان Nicotiana توجد اسكلريدات متناثرة في النسيج المتوسط. وفي كثير من أوراق نباتات العائلة الفلفلية Piperaceae توجد خلايا كروية الشكل كبيرة الحجم ممتلئة بزيوت طيارة. كما يخزن زيت السترونيلا في أوراق نبات السنبل الهندى Cymbopogon وزيت الجيرانيوم في أوراق

نبات البلارجونيوم .Pelargonium spp وصبغة الانديجو في أوراق نبات النيلة -Indigof era tinctoria وفي نباتات أخرى، توجد قنوات راتنجية كما في العائلة المركبة Asteraceae وفجوات انقراضية Lysigenous cavities كما في جنس الموالح Citrus.

أحيانا يخزن دباغ في النسيج المتوسط للورقة كما في نبات سماق الدباغ Rhus coriaria. في نبات السكران Hyoscyamus niger توجد طبقة من الخلايا تحت النسيج العمادى تحتوى على بلورات من أكسالات الكالسيوم تسمى الطبقة البلورية Crystal layer. في نبات الكركدية Hibiscus sadbariffa توجد بلورات نجمية من أكسالات الكالسيوم.

جـ ـ *الأنسجة الوعائية بالنصل*

عروق الورقة Veins هى الحزم الوعائية التي تتخلل نصل الورقة، وتمثل امتدادات من العمود الوعائى في الساق.

وفي ذوات الفلقتين هذه الامتدادات، تتألف من مسير ورقى واحد الى ثلاث مسيرات أو أكثر تعبر الساق الى الورقة عند كل عقدة. حزم مسيرات الورقة Leaf trace bundles التي تدخل نصل الورقة تترتب وفق نظام خاص يكسب الورقة مظهرا خاصا. ونظام توزيع العروق بالنصل يسمى التعريق Venation. وفي مغطاة البذور يوجد نظامان للتعريق هما التعريق الشبكى Reticulate venation والتعريق المتوازى Parallel. venation النوع الأول يتميز به غالبا أوراق النباتات ذات الفلقتين بينما الثانى فهو الشائع في ذوات الفلقة الواحدة. كما يوجد نوعان من التعريق الشبكى هما الريشى -Un icostate or pinnate والراحى Multicostate or palmate. ويتميز التعريق الشبكى الريشى بوجود عرق وسطى، هو أكبر العروق، تمتد من قاعدة النصل الى قمته، ويعطى أفرعا جانبية تمتد نحو حافة النصل، وتتفرع أيضا على جانبيها الى أفرع أصغر وأدق. وفي التعريق الشبكى الراحى، يحتوى النصل على عدد من العروق الكبيرة، التي تنشأ من نهاية عنق الورقة، متساوية تقريبا في قطرها وتمتد نحو حافة النصل وتتفرع الى عروق جانبية أدق منها. ونتيجة للتعرق الشبكى تظهر العروق في المقاطع العرضية للنصل بعضها في قطاعات عرضية وأخرى طولية.

ونظرا لتفرع العروق في نصل الورقة، فانها تكون مختلفة في الحجم، وتكون أكبر العروق، الحزم الوعائية، العرق الوسطى Midvein والعروق الأخرى، الكبيرة في التعريق الراحى. هذه العروق الكبيرة، ينتج منها نتوءات تظهر على طول امتدادها على الجانب السفلى Abaxial side لنصل الورقة. العروق الكبيرة تكون مطمورة في خلايا بارنكيمية، بينما الحزم الصغيرة يتكون عنها تركيب شبكى بين الحزم الكبيرة في النسيج المتوسط، عادة تحت الخلايا العمادية أى في الطبقة العليا من النسيج الاسفنجى.

المسيرات الورقية التي تعبر العمود الوعائى في الساق الى النصل عن طريق العنق، قد يحدث بها عدد من الاختلافات التركيبية خلال امتدادها في العنق نتيجة لتعدد طرق التحامها وانقسامها والتوائها خلال مساره في العنق. في كثير من النباتات تظل المسيرات الورقية التي تدخل العنق دون تغير في تركيبها أو موضعها. وفي حالات أخرى، تلتحم المسيرات معا في العنق مكونة شريطا واحدا.

في المسيرات الورقية التي تترك العمود الوعائى في الساق، يتخذ كل من الخشب واللحاء وضعه بالنسبة للآخر أثناء خروجه ودخوله الى العنق والنصل، فيكون اللحاء، في الحزم الكبيرة والأصغر منها، متجها الى أسفل بينما الخشب متجها ناحية السطح العلوى للنصل.

والحزم الوعائية في أوراق النباتات مغطاة البذور تكون عادة جانبية تتركب من خشب ابتدائى جهة السطح العلوى للورقة ولحاء جهة السطح السفلى. يتركب خشب الحزمة من أوعية Vessels وقصيبات Tracheids تترتب في صفوف بينها خلايا بارنكيمية رقيقة الجدر. الخشب الأول Protoxylem يكون جهة البشرة العليا بينما التالى Metaxylem يكون جهة اللحاء. اللحاء الأول Protophloem يكون جهة البشرة السفلى بينما اللحاء التالى Metaphloem يكون جهة الخشب. في النباتات التي تحتوى السيقان فيها على حزم وعائية ذات جانبين يوجد اللحاء عادة على كل من السطحين العلوى والسفلى للخشب في الحزم الوعائية الرئيسية. ولايوجد هذا اللحاء الاضافى في الحزم الصغيرة.

والعروق الصغيرة تكون مطمورة في النسيج المتوسط بينما الكبيرة تكون محاطة بنسيج أساسي تحتوى خلاياه على عدد قليل من البلاستيدات الخضراء. هذا النسيج المرتبط بالعروق الكبيرة يظهر على السطح السفلى للورقة في صورة نتوء يتركب من خلايا بارنكيمية مع جزء من نسيج دعامى عبارة عن خلايا كولنكيمية.

النسيج الوعائى للعروق الكبيرة في ذوات الفلقتين، وبصفة أساسية العرق الوسطى، يتضمن حزمة وعائية واحدة أو عدة حزم. وإذا كانت حزمة واحدة، فانها اما أن تكون هلالية الشكل Crescent-shaped كما في الزيزفون Tilia والدردار Ulmus أو مستديرة كما في البلوط Quercus والاسفندان Acer. أما إذا كانت الحزم الوعائية في العرق الوسطى عديدة، فانها تظهر في القطاع العرضى للعرق مرتبة في هيئة دائرة كما في العنب Vitis أو نصف دائرة كما في نبات دمسيس Ambrosia من العائلة المركبة Asteraceae أو مبعثرة بدون نظام كما في تباع الشمس Helianthus annuus. توجد كثيرا منطقة كامبيومية بين الخشب واللحاء في الحزم الكبيرة لاسيما في أوراق النباتات دائمة الخضرة.

في بعض الأوراق، مثل نبات البلادونا Belladonna والسكران Hyoscyamus توجد

مجموعات من اللحاء مطمورة في النسيج البارنكيمى بالعرق الوسطى. في ورقة الكافور Eucalyptus توجد حزمتان وعائيتان صغيرتان أعلى حزمة العرق الوسطى في وضع مقلوب.

والحزم الوعائية، فيما عدا الحزم الصغيرى، تحتوى على أوعية Vessels في الخشب، وأنابيب غربالية Sieve Tubes في اللحاء. عناصر الخشب الوعائية تتألف من القضيبات في الحزم الصغيرة. وكلما تفرعت الحزم الوعائية وأصبحت أصغر فأصغر، أى متدرجة في الصغر، فأن الأنسجة الوعائية تقل تدريجيا في المقدار حتى يصبح الخشب مكونا من عنصر واحد حلزونى ويتكون اللحاء من خلية واحدة بارنكيمية تشبه الخلية المرافقة وتسمى خلية انتقالية Transition cell.

ولقد أوضحت البحوث الحديثة أنه توجد خلايا متخصصة تسمى خلايا النقل Transfer cells تكون مصاحبة للحزم الدقيقة في الأوراق. هذه الخلايا ذات سيتوبلازم كثيف يحتوى على بلاستيدات خضراء وغيرها من العضيات الصغيرة. وتوجد نموات من جدارها تبرز داخل تجويف الخلية تؤدى الى زيادة سطح الغشاء البلازمى. ويرجح أن هذه الخلايا تقوم بامتصاص الذائبات من النسيج المتوسط وتنقلها الى عناصر الأنابيب الغربالية. هذه الخلايا قد تكون بارنكيما متحورة من بارنكيما اللحاء أو الخشب أو غلاف الحزمة الوعائية.

ويقسم النسيج المتوسط الى مساحات صغيرة نتيجة لتفرع العروق وتشابكها. المساحات الصغيرة من النسيج المتوسط التي تحاط بالفريغات Veinlets تسمى جزيرات العروق Vein-iselets. عدد الجزيرات في وحدة مساحة من سطح الورقة يكون ثابتا بالنسبة للنوع، ويعتبر صفة تشخيصية له. فمثلا، في أوراق نبات اصبع العذراء Di-gitalis يوجد ٢-٦ جزيرة في المليمتر المربع بينما في السنامكى Cassis angustifolia يوجد حوالى ٩-٢٣ جزيرة. ولقد وجد أن الفراغات في النسيج المتوسط الخالية من الحزم الوعائية حوالى ١٢٠ ميكرون.

نهاية الحزم VEIN ENDINGS OR BUNDLE ENDS.

تنتهى فروع الحزم الوعائية في الأوراق التي تظهر فيها جزر محددة بين العروق، بما يسمى نهايات الحزم. قد تتفرع هذه النهايات، في اتجاهات مختلفة. وقد تتركب نهاية الحزمة من وعاء خشبى صغير حلزونى مصحوبا بخلية بارنكيمية واحدة تختلف في شكلها عن الخلايا البارنكيمية الاسفنجية والعمادية. وتنتهى كثيرا نهاية الحزم بقصيبة واحدة ذات تغليظ حلزونى أو حلقى. قد توجد قصيبتان متوازيتان عند النهاية الطرفية للحزمة. وفي بعض الأجناس تشتمل نهاية الحزمة الوعائية على قصيبة واحدة متفرعة.

وتحاط الخليتان بغلاف بارنكيمى. العروق الصغيرة ونهايات الحزم تقوم بامداد النسيج المتوسط بالمواد المختلفة والماء وتمتص نواتج التمثيل الضوئى.

غــلاف الحزمـــة BUNDLE SHEATH

باستثنـاء عدد من النبـاتـات المـائية، تحاط الحزم الوعائية في أوراق النباتات ذات الفلقتين بطبقة متماسكة من صف واحد من خلايا بارنكيمية رقيقة الجدر تعرف بغلاف الحـزمـة، ويعرف أيضا باسم بارنكيما الحدود Border parenchyma. قد تحتوى خلايا غلاف الحزمة على عدد قليل من البلاستيدات الخضراء أو تكون خالية منها. وقد تحتوى بعض خلايا غلاف الحزمة على بلورات. وخلايا غلاف الحزمة تكون متطاولة على امتداد الحزمة الوعائية وترتبط مع بعضها في احكام فتشبه في وضعها طبقة الاندودرمس. وهذه الخـلايا تكـون على اتصـال مبـاشر من سطوحها الداخلية بالعناصر الناقلة في الحزمة الوعائية أو البارنكيما المجاورة وعلى السطوح الخارجية بخلايا النسيج المتوسط.

ويمتد غلاف الحزم حتى نهاية الحزمة الوعائية ويحيط تماما بالقصيبات الطرفية، ولهذا فان الحزم الوعائية لاتلامس المسافات البينية في النسيج المتوسط.

في كثير من النباتات ذات الفلقتين يتصل غلاف الحزمة بالبشرتين العليا والسفلى أو أى منهما بواسطة شريط من نفس خلاياه يسمى امتداد غلاف الحزمة Bundle sheath extension. وفي بعض ذوات الفلقتين، تحاط الحزم الوعائية بمختلف أحجامها بخلايا اسكلرنكيمية.

ومن الناحية الفسيولوجية، يمثل غلاف الحزمة طبقة من خلايا حية يمر من خلالها الماء والذائبات الى القصيبات Tracheids والأوعية Vessels والأنابيب الغربالية Sieve tubes واتصال الغلاف بالبشرة يوضح امكانية قيام خلاياه بنقل المواد أيضا الى البشرة. أحيانا، يعتبر غلاف الحزمة غلافا نشويا Starch sheath حيث تخزن به النشا. ويبدو أن غلاف الحزمة جزء من النسيج الأساسى.

وتقـوم العـروق بنقـل المحاليل المائية التي تمتصها الجذور الى الأجزاء المختلفة من الورقة، وتجمع المواد الغذائية المجهزة في النصل وتنقلها الى مختلف اجزاء النبات. كما أنها تكسب النصـل الـدقيق قوة ومتـانـة تساعدانه في القيام بوظائفه في البناء الضوئى والنتح، والمحافظة على شكله، وعدم تحطم أنسجته الدقيقة.

أنسجة التدعيم في النصل

تقـوم الأنسجـة الـوعـائية، لاسيما الخشب، بالمساعدة في تدعيم النصل وتقويته. ويسهم أيضا في هذا التدعيم، امتدادات أغلفة الحزم الوعائية التي تصل الى البشرة.

أحيانـا، خلايا هذه الامتـدادات تصبـح سميكـة الجـدر مشـابهـة في ذلـك الخـلايا الكـولنيكيمية. وتقـوم الكولنيكيما التي توجد أعلى وأسفل الحزم الوعائية بتدعيم نصل الورقة، بالاضافة الى الكولنكيما التي توجد على امتداد حافة النصل.

في بعض الأوراق، توجـد خلايا حجـرية متفـرعة منتشرة خلال النسيج المتوسط، وتسهم في تدعيم النصـل الـطرى الرقيق. كما تسهم البشرة بخلاياها المتماسكة والتي تغطى سطوحها بطبقة الأدمة، في تدعيم النصل، وقد يزيد سمك جدر خلايا البشرة وتلجننها في تدعيم الأنسجة العمادية في النصل.

تركيب عنق الورقـــــة

الـتركيب الداخلى لعنق الورقة يشبه تركيب الساق الحديثة لنفس النبات. فالبشرة تحيط بالنسيج الأسـاسى الذي يتركب من بارنكيما يتميز فيها القشرة والنخاع ويتركب نسيج التقوية من خلايا كولنكيمية.

كما تتنوع أعناق الأوراق في توزيع الحزم الوعائية داخل أجسامها وقد يتركب النسيج الوعائى في العنق غالبا من حزم وعائية منفصلة مرتبة في هيئة حلقة واحدة تماثل وضعها في ساق نفس النبـات كما في الخـروع Ricinus والجيرانيوم Geranium. وقد توجد حزم اضـافية خارج وداخل الدائرة كما في الجوز Juglans وشجرة الجراد Robinia. قد يحتوى العنق على حزمة وعائية واحدة ذات شكل هلالى كما في الزيتون Olea والدخان Nicotiana ويكون الخشب فيها تجاه السطح العلوى.

وإذا كانت الحزمة الوعائية مكونة من خشب ولحاء، يتجه الخشب فيها الى السطح العلوى، أما اللحاء فيكون جهة السطح السفلى. وقد تكون الحزم جانبية Collateral كما في الـبرسيم Trifolium alexandrinum أو ذات جانبـين Bicollateral كما في العائلة القـرعية Cucurbitaceae والبـاذنجـانية Solanaceae حيث يقـع اللحـاء على جانبى الخشب. وإذا كانت الأنسجة الوعائية مرتبة في هيئة حلقة أو قوس كما يظهر في القطاع العرضى، فإن اللحاء دائما يكون للخارج.

وقد يحدث نمو ثانوى في الحزم الكبيرة بعنق الورقة نتيجة لنشاط كامبيوم بين الخشب واللحاء. وإذا وجد غلاف حزمة، فقد يفلف الحزم مجتمعة أو كل حزمة على حدة. عدد حزم العنق Petiolar bundles ونظام ترتيبها قد يتغيران من مستوى الى آخر في العنق.

أعنـاق أوراق النباتات التي تنتمى الى بعض العائلات مثل الشفوية Laminaceae تتميز بأن قاعدتها متضخمة في هيئة وسادة حساسة Pulvinus. ويختلف تركيب الوسادة الـداخـلى عن بقية العنق. والنسيج الـوعـائى يوجد في وسط نسيج أساسى. ويرجع

التضخم الى زيادة مقدار الخلايا البارنكيمية. أما الحزم الوعائية فتترتب منفصلة في صورة حلقة.

التركيب الداخلى لورقة نبات الكتان

نبات الكتان Linum usitatissimum هو النوع الوحيد ذو الأهمية الاقتصادية في العائلة الكتانية Linaceae. فبالاضافة الى أهمية ساق النبات في انتاج الألياف، فان البذور يحصل منها على زيت الكتان Linseed oil يتراوح مقداره بين ٣٣-٤٣٪ في يخزن الجنين والاندوسبرم.

وزيت الكتان من أهم الزيوت المستخدمة في صناعة البويات، ويستخدم في صناعة الصابون، بالاضافة الى نواحى أخرى. وألياف الكتان تستخرج من سيقان النباتات وتعرف بألياف اللحاء Phloem fibers وتوجد في حزم غير منتظمة الشكل خارج لحاء الحزم الوعائية. قد يبلغ عدد الحزم ٣٠ حزمة، وكل منها يحتوى على حوالى ٢٥ خلية ليفية. يتراوح طول ليفة الكتان Flax fiber بين ٣٠-٩٠ سم، وتتركب من عدة خلايا ليفية يتراوح طول الخلية بين ٢ر٥-٤ سم وقطرها حوالى ١٣-٣٠ ميكرون، جدارها سميك وفجوة الخلية ضيقة. الألياف ناعمة، مرنة، تتركب أساسيا من السليلوز مع مقدار ضئيل من اللجنين.

وورقة نبات الكتان بسيطة جالسة، صغيرة وضيقة، عديمة الأذنات. العروق الكبيرة للورقة تكون واضحة على السطح السفلى تترتب الأوراق بالتبادل على الجزء العلوى من الساق، بينما تكون متقابلة في الجزء السفلى.

تنشأ ركيزة الورقة Leaf buttress كنتوء مخروطى الشكل من النسيج الانشائى الأول Promeristem. نتيجة للانقسامات المتوازية لسطح المرستيم القمى في الثلاث طبقات السطحية، والانقسامات العمودية عليه. وباستمرار الانقسام الخلوى في ركيزة الورقة، تصبح البداية الورقية Leaf primordium مخروطية الشكل منبسطة. تستمر خلايا هذه البداية في الانقسام حتى يصبح طولها حوالى ١/٥ الورقة العادية، حيث يتركز الانقسام في الأجزاء الجانبية والظهرية للبداية، وبذلك يتكون النصل.

النسيج المتوسط للنصل ينشأ عن انقسامات الخلايا الداخلية في جميع المستويات.

وتزداد خلايا النسيج المتوسط في الاستطالة، وتتكشف أشرطة الكامبيوم الأول Pro-cambium التي تميزت مبكرا في مرحلة البداية الورقية، الى حزم وعائية.

ولايتوقف الانقسام الخلوى كليا مرة واحدة خلال مرحلة تكوين الورقة، ولكن يتوقف النمو القمى Apical growth في أول الأمر، ثم عند القاعدة، ثم في الجزء الأوسط

القاعدى للنصل.

وتحدث استطالة الورقة بعد توقف الانقسام الخلوى، نتيجة للنمو البينى حيث تحدث زيادة في حجم الخلايا واستطالتها ثم انفصالها بعضها عن بعض. النسيج المتوسط الناضج يتركب من أربع طبقات من الخلايا المحتوية على البلاستيدات الخضراء، وهو غير متميز الى عمادى واسفنجى.

والبدايات الورقية المتتالية تكون في أول الأمر متجاورة جدا من بعضها لدرجة أن عشرة أو أكثر من السلاميات والعقد توجد في منطقة طولها حوالى ١ر٠ أو أكثر من المليمتر.

والبشرة في الورقة، طبقة واحدة، خلاياها غير متماثلة في الحجم، تكسوها طبقة من الكيوتين. الثغور عديدة تكاد تكون متساوية في العدد على سطحى النصل. الثغر يحاط بعدد من الخلايا المساعدة التي تساعد جدرها الرقيقة في عملية انفتاح الثغر وغلقه.

النسيج المتوسط للورقة يتركب من حوالى أربع طبقات من الخلايا ذات الجدر الرقيقة، تحصر بينها مسافات بينية واسعة تتباين في حجومها. والصفة المميزة للنسيج المتوسط أنه غير متميز الى عمادى واسفنجى، فالخلايا كلها اسفنجية غنية بالبلاستيدات الخضراء، متطاولة وتكاد تكون متماثلة في الشكل.

والحزم الوعائية في الورقة من النوع الجانبى. ويمتد في النصل شبكة من العروق يتألف منها جهاز معقد التركيب من حزم متنوعة في الحجم. حزمة العرق الوسطى Mid-vein وأحيانا الحزمة الوعائية في كل من العرقين الكبيرين الجانبين، قد يتكون فيها نمو ثانوى ضئيل. المسار الوعائى للورقة يتركب من ثلاث مسيرات ورقية كبيرة، قد تمتد في حوالى ١٥-٢٠ عقدة في نسيج القشرة بالساق.

التركيب التشريحى للورقة ذات الفلقة الواحدة

أوراق النباتات ذات الفلقة الواحدة Monocotyledons يظهر فيها تباينا كبيرا في الشكل والتركيب. فكثير من الأنواع تتركب الورقة فيها من عنق ونصل مثل الكنا Canna والقلقاس Colocasia esculenta والبوتس Pothos وأنواع النخيل وهى خالية من الأذنات. ومعظم ذوات الفلقة الواحدة تتركب الورقة فيها من نصل وغمد Sheath. وعروق أوراق النباتات ذات الفلقة الواحدة تكون غالبا متوازية، ومع هذا، توجد حالات ظاهرة تشذ عن ذلك. وتوجد أنواع خاصة من أوراق ذوات الفلقة الواحدة مثل الأوراق الأنبوبية التي يتميز بها نبات البصل Allium والنرجس Narcissus.

في النباتات المائية Hydrophytes من ذوات الفلقة الواحدة تشبه الأوراق في تركيبها

العام نظيرتها في ذوات الفلقتين. فمثلا، ورقة نبات السوسن Lilium غير متماثلة الجانبين Dorsiventral ويوجد النسيج العمادى تجاه السطح العلوى. وورقة الموز Musa san-guinea سميكة تتميز بأن النسيج العمادى فيها يتركب من بضع طبقات، مع منطقة واسعة من البارنكيما الاسفنجية تكثر بينها الفراغات البينية. وفي البصل Allium cepa يتركب النصل من طبقة عمادية وثمانى طبقات من البارنكيما الاسفنجية تتخللها تراكيب حليب نباتى.

وأوراق النباتات ذات الفلقة الواحدة ذات أشكال مختلفة تبدو كأنها متخصصة، فمثلا، في ورقة الزنبق Lilium يكون النصل منبسطا، والحزم الوعائية توجد مقلوبة على أحد جانبى الورقة بالنسبة للجانب الآخر.

ونبات السوسن Lilium أوراقه أنبوبية، والنسيج العمادى يوجد تحت البشرة حول محيط الورقة، وتحته يوجد النسيج الاسنفجى. والجزء الأوسط من الورقة عبارة عن تجويف يحيط به بقايا الخلايا التي كانت تشغله.

وكثير من ذوات الفلقة الواحدة يتكون في أوراقها مقادير كبيرة من الألياف لدرجة أنها تستخدم أحيانا كمصدر اقتصادى للالياف الجامدة. هذه الألياف تسمى ألياف الأوراق leaf fibers وهي ذات جدر ملجننة جامدة، كما في قنب مانيلا Musa textilis والسيسال Agave sisalana ونخيل الرافيا Raphia vinifera.

والألياف أما أن تكون مرتبطة بالحزم الوعائية أو أشرطة منفصلة عنها.

وتتميز الغالبية العظمى من أوراق النباتات ذات الفلقة الواحدة بالتعريق المتوازى، وتتصل الحزم الوعائية للعروق عرضيا بواسطة حزم صغيرة. كما تحاط الحزمة الوعائية في معظم ذوات الفلقة الواحدة بغلاف حزمة Bundle sheath. ففي النباتات النجيلية يتركب غلاف الحزمة من طبقتين من الخلايا، الخارجية خلاياها رقيقة الجدر بارنكيمية، كما في ذوات الفلقتين، تحتوى على بلاستيدات خضراء، الداخلية سميكة الجدر خالية من البلاستيدات.

ولايتميز النسيج المتوسط في الغالبية العظمى من أوراق ذات الفلقة الواحدة الى نسيج عمادى وآخر اسفنجى، باستثناء حالات قليلة كما في السوسن Lilium والموز Musa.

والبشرة قد يوجد بها خلايا سميكة الجدر طويلة فوق أشرطة الألياف مما يودى الى أن يتكون عن هذه الخلايا مع غيرها من الألياف والحزم الوعائية عارضة أو كمرا Girder يمتد خلال سمك النصل. وتتركب البشرة من صف واحد من الخلايا، وتوجد الثغور

على كل من البشرتين العليا والسفلى، وأحيانا، كما في القمح Triticum يكون عددها على البشرة العليا أكبر منه على السفلى. وفي بعض النجيليات الصحراوية تختفى الثغور من السطح السفلى كلية.

التركيب التشريحى لأوراق النجيليات

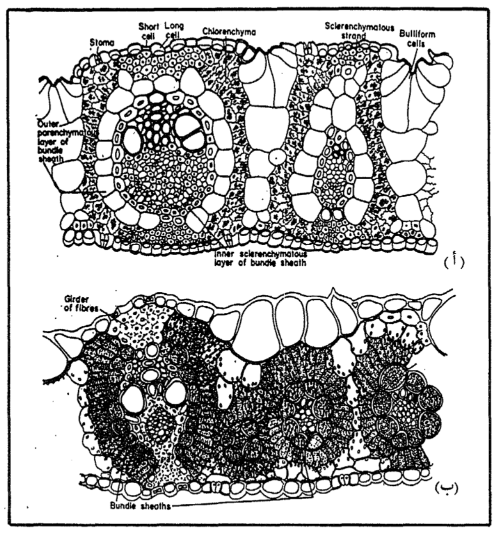
تتركب ورقة النباتات النجيلية من نصل طويل شريطى بالاضافة الى غمد Sheath يحيط بالساق. وعادة توجد زائدة غشائية عند موضع التقاء النصل بالغمد تسمى اللسين Ligule. كما توجد، غالبا، أذنتان Auricles بين النصل والغمد. وحافة النصل كاملة والقمة حادة.

ويتكون نصل الورقة من هيكل من الحزم الوعائية المتوازية الموزعة في النسيج المتوسط. وجميع الحزم متساوية تقريبا في الحجم، وتتبادل الوضع مع بعضها كما تتبادل الوضع أيضا مع الحزم الأصغر حجما. كما تتصل الحزم الوعائية ببعضها عرضيا بواسطة حزم صغيرة. وتعتبر حزمة العرق الوسطى هى الحزمة الكبرى وتبرز قليلا على السطح السفلى للورقة.

تركيب البشرة في ورقة النجيليات

تتألف البشرة في النجيليات من بضعة أنواع من الخلايا تختلف في التركيب. فالنسيج الأساسى في البشرة، الخلايا العادية، يتركب من خلايا ضيقة متطاولة، عادة تكون جدرها القطرية قوية ومعرجة. وتوجد خلايا أخرى متخصصة تسمى الخلايا اللافة Bulliform cells (شكل ١٠٥). تختلف هذه الخلايا عن بقية خلايا البشرة بحجمها الكبير وجدرها الرقيقة وفجواتها العصارية الواسعة، وهى غالبا خالية من البلاستيدات الخضراء، وفقيرة في المحتويات الصلبة، فينـدر وجود البلورات أو الدباغ بها. هذه الخلايا توجد في أخاديد بين العروق، والخلايا الوسطى منها هي الأكبر حجما. على جانبى كل مجموعة من الخلايا اللافة توجد خلايا يتدرج نوعها بين الخلايا اللافة وخلايا البشرة العادية. الجدر الخارجية للخلايا اللافة تشبه الجدر الخارجية لبقية خلايا البشرة من حيث سمك طبقة الكيوتين. بالاضافة إلى وجود خلايا السليكا Silica cells وخلايا الفلين Cork cells.

وتترتب الثغور، عادة في صفوف طولية وتتوزع غالبا في كل من البشرة العليا والسفلى. وغالبا يكون عدد الثغور على البشرة العليا أكبر منه على البشرة السفلى كما في القمح، وقد يتساوى عدد الثغور تقريبا على كل من السطحين كما في الشوفان Avena. sativa في أوراق عدد من النباتات الصحراوية تختفى الثغور من السطح السفلى كما في



(شكل ١٠٥): أ ـ جزء من قطاع عرضي في نصل ورقة نبات نجيلي يوضح أن غلاف الحزمة يتركب من طبقتين، الخارجية بارنكميمية والداخلية اسكلرنكيمية.
لاحظ الخلايا اللافة في البشرة العليا.
ب ـ غلاف الحزمة الوعائية يتركب من طبقة واحدة من خلايا كلورنكيمية.

نبات قصب الرمال Calamagrostis. والخلايا الحارسة للثغور تكون في صورة دمبيلات Dumbells ضيقة في الوسط وسميكة الجدر بينما تكون متسعة مستديرة الطرفين رقيقة، ويحاط الثغر بخليتين مساعدتين.

المحاور الطولية للثغور تكون موازية لمحور الورقة وتترتب في صفوف متبادلة مع صفوف من خلايا البشرة.

كما توجد أنواع مختلفة من الشعور بالبشرة في كثير من أوراق النجيليات، كما توجد

زوائد قصيرة صلبة ذات قمة حادة تعطى سطح الورقة ملمسا خشنا.

النسيج المتوسط Mesophyll

وهو غير متميز الى نسيج عمادى أو اسفنجي. وفي بعض النباتات، توجد طبقة شبة عمادية تحت البشرة مباشرة عند سطحى الورقة أو عند سطح واحد (*العلوى عادة*). هذه الخلايا متساوية الأقطار تقريبا ومرتبة باحكام. أما خلايا النسيج الاسفنجي فهي غير منتظمة الشكل.

والحزم الوعائية تحاط غالبا بغلاف حزمة Bundle Sheath يتركب من طبقتين من الخلايا، الخارجية بارنكيمية رقيقة الجدر تظهر متساوية الأقطار في القطاع العرضى، وطويلة في القطاع الطولى، بها بلاستيدات خضراء، بينما الداخلية سميكة الجدر مشربة باللجنين وخالية من البلاستيدات الخضراء (شكل ١٠٥). في بعض الأنواع، يتركب هذا الغلاف من طبقة واحدة من خلايا رقيقة الجدر. وفي بعض الأنواع الأخرى، يوجد غلاف من طبقة واحدة من خلايا رقيقة الجدر يحيط بالحزم الوعائية الصغيرة.

ويتركب نسيج التقوية (التدعيم) في أوراق النجيليات من خلايا اسكلرنكيمية، غالبا تكون مصاحبة للحزم الوعائية. وتوجد الألياف في صورة أشرطة على كل من جانبى الحزم الوعائية الكبيرة وتمتد حتى البشرة على سطحى الورقة. الحزم الكبيرة قد تكون محاطة بألياف ترتبط بأشرطة الألياف على جانبى الحزمة الوعائية. الحزم الصغيرة قد تتصل بشريط واحد من الألياف على السطح السفلى. في بعض الأنواع، توجد مجموعات من الألياف تحت البشرة على جانبى الحزم الوعائية غير أنها منفصلة عنها بالنسيج المتوسط. بالاضافة الى الألياف المرتبطة بالحزم الوعائية، توجد الألياف على امتداد حافتى الورقة. في بعض النباتات الصحراوية مثل فستوكا Festuca توجد طبقة من الألياف على امتداد السطح السفلى للورقة.

التركيب الداخلى لورقة نبات القمح TRITICUM SPP.

نبات القمح هو أحد النباتات ذات الأهمية الاقتصادية التي تنتمى الى العائلة النجيلية Poaceae. الورقة تتركب من غمد Sheath ولسين Ligule ونصل Blade. يتميز في النصل الأنسجة الثلاث وهى البشرة والنسيج المتوسط والنسيج الوعائى.

١ — البشرة Epidermis وتغطى سطحى النصل، العلوى والسفلى، وهى طبقة واحدة في كل من السطحين، تغطى خلاياها بطبقة من الكيوتين تكون أكثر سمكا على السطح السفلى منها على العلوى. وتترتب خلايا البشرة في صفوف طولية تمتد موازية لسطح النصل الطويل، بعض هذه الخلايا المتطاولة قد يتكون عنها

صفوف متصلة على امتداد النصل أو يفصلها عن بعضها، على مسافات، الخلايا المربعة. هذه الخلايا القصيرة توجد أيضا بين الصفوف الطولية للثغور. أما شعور البشرة، اذا وجدت، فتكون متباينة الأطوال، وتنشأ من السطح.

والسطح الظهرى للنصل يكون مضلعا الى حد ما بينها السفلى يكون مستويا. في تجاويف السطح العلوى يوجد صف أو صفان من الثغور بين حزم من الخلايا اللافة Bulliform. حزمة الخلايا اللافة تتركب من ثلاث الى سبع خلايا في العرض، جدرها أقل سمكا من جدر خلايا البشرة المجاورة، وهى أقل طولاً من خلايا البشرة الطويلة، غير أنها أكبر حجما من بقية خلايا البشرة عندما تشاهد في القطاع العرضى.

وعدد الثغور على السطح العلوى يكون أكبر منه على السطح السفلى (حوالى ٣٣ ثغر في المليمتر المربع على السطح العلوى بينها ١٤ ثغر على السفلى). يتركب الثغر من خليتين حارستين ضيقتين تحيط بهما خليتين مساعدتين.

والبشرة السفلى مستوية خالية من أى بروزات ولاتحتوى على خلايا لافة. بالاضافة الى ذلك، فان الجدر الخلوية تكون أكثر سمكا من جدر خلايا البشرة العليا، وتوجد الثغور عادة في صفوف فردية.

٢ ـ **النسيج المتوسط** Mesophyll وخلاياه كلورنكيمية جميعها من نوع واحد ومنتظمة في الشكل، ومع هذا، فان الخلايا الملاصقة لكل من البشرتين العليا والسفلى تكون متطاولة نوعا فتشبه بذلك الخلايا العمادية.

وتوجد غرف هوائية تحت الثغور تتعمق في النسيج المتوسط قريبا من منتصفه.

٣ ـ **النسيج الوعائى** Vascular System وتتميز الحزم الوعائية التي توجد بالنصل بحجمها، تمتد موازية لمحور النصل الطويل. وتوجد حزم صغيرة عرضية تصل الأشرطة الطولية للحزم التي قد تتفرع أحيانا أو تلتقى عند قمة النصل. والحزم الوعائية جميعها جانبية Collateral bundles. والحزم الكبيرة يوجد بها وعائين حلقيين Annular vessels أو حلزونيين Spiral vessels يمثلان الخشب الأول، ووعائين جانبين كبيرين يمثلان الخشب التالى وتغليظهما منقر Pitted ويوجد بينهما مجموعة من عدة قصيبات منقرة. يحاط الخشب الأول Protoxylem بخلايا بارنكيمية. واللحاء يتركب من أنابيب غربالية رفيعة وخلايا مرافقة. ولاتوجد أنابيب غربالية أو خلايا مرافقة في الحزم العرضية، وانما تتركب من بضع خلايا بارنكيمية. وتحاط الحزم الوعائية بغلاف حزمة Bundle sheath يتركب من طبقتين؛ الداخلية تتركب من خلايا متطاولة ذات جدر سميكة بينها الخارجية خلاياها بارنكيمية رقيقة الجدر خالية من البلاستيدات الخضراء.

وتوجد أشرطة من الألياف أعلى وأسفل الحزم الوعائية، كما يوجد شريط من الألياف على امتـداد حافـة النصل ملاصق للبشرة من الداخل. وقد تصـل أشـرطة الأليـاف حتـى البشـرة.

واللسين Ligule زائدة غشائية صغيرة لاتتجاوز بضعة ملليمترات، غير وعائية توجد على امتداد منطقة اتصال النصل بالغمد، وخلاياه بارنكيمية رقيقة الجدر. يبلغ سمك اللسـين عنـد قاعـدته حوالى ٣ أو ٤ خلايا، وهو خال من الثغور أو الشعور. والحافة الخالية للسين تكون أحيانا مشرشرة نتيجة لأستطالة خلاياها.

انفصال الأوراق LEAF ABSCISSION

من الصفات الهامة التي تتميز بها النباتات مغطاة البذور، التساقط الطبيعي المتكرر للأعضـاء الخضرية والتكـاثـرية. وانفصـال الأوراق يمثـل ظاهـرة دائمة الحدوث في النباتات مغطاه البذور لاسيما ذوات الفلقتين الخشبية. ففي النباتات متساقطة الأوراق Deciduous plants تنفصل الأوراق موسميا عند نهاية الخريف. أما في دائمة الخضرة Evergreens فتنفصـل الـورقـة بعـد مرور حوالى سنـة أو أكثر من نشأتها، كما يحدث الانفصال أيضا في النباتات العشبية، ذوات الفلقتين، مثل الكوليس Coleus والبيجونيا Begonia. ولاتعيش الأوراق طويلا في بعض النباتات الصحراوية فتنفصل بعد بضعة أسابيع من نشأتها. في معظم الأنواع العشبية، مع هذا، تبقى الأوراق بعد موتها، وتفقد عن طريق التحلل وهى على ساق النبات، وقد تسقط بعوامل ميكانيكية.

وتنفصل الأوراق في الأشجار والشجيرات متساقطة الأوراق عند اقتراب الشتاء نتيجة لضعف الامتصاص بواسطة الجذور كنتيجة لانخفاض درجة الحرارة والنهار القصير، وزيادة النتح بتأثير شدة الرياح. وكثيرا يؤدي الجفاف الشديد، في فصل الصيف، إلى سقوط الأوراق في الأشجار والشجيرات.

وانفصال الأوراق ظاهرة تتضمن حدوث تغيرات تركيبية تؤدى الى الانفصال الفعلى للورقة ثم حماية السطح المعرض بعد سقوطها، من الجفاف والاصابة بالكائنات الدقيقة الحية. ففي الأوراق البسيطة، تنفصل الورقة عادة بتكون طبقة انفصال Abscission layer عند أو قريبا من قاعدة عنق الورقة. وفي الأوراق المركبة، تتكون طبقة الانفصال عند قاعدة نصل كل وريقة، ثم يليها تكوين طبقة انفصال عند قاعدة كل عنيق Petiolule وفي النهـاية تتكون هذه الطبقة عند قاعدة عنق الورقة. ويبدأ الانفصال في الـوريقـات من قمـة الورقة المركبة في اتجاه القاعدة. يتضح من ذلك أن عدد مناطق الانفصال يختلف بين واحدة فقط في الورقة البسيطة وأكثر من ذلك في الورقة المركبة.

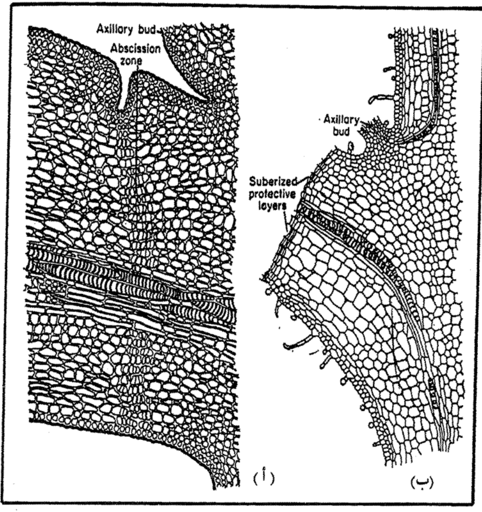
ولقد وجدت ٤٠٠٠ أربع آف منطقة انفصال في ورقة من أحد أنواع جنس Acacia وهى مركبة ريشية زوجية Dipinnately compound طولها حوالى ١٥ سنتيميتر.

ويمكن تمييز منطقة الانفصال خارجيا على سطح عنق الورقة في هيئة مساحة محدودة ضيقة، خضراء باهتة اللون. وفي الأنواع الخشبية، تبدو منطقة الانفصال متميزة بوجود تجويف ضيق عند قاعدة عنق الورقة. وتعتبر منطقة الانفصال، من حيث التركيب، أضعف جزء في عنق الورقة، حيث تنعدم فيها الخلايا الاسكلرنكيمية والكولنكيمية. وتختص منطقة الانفصال بقطع الصلة بين الورقة والساق.

وتنشأ طبقة الانفصال قبل انفصال الورقة ببضعة أيام أو أسابيع. في بعض النباتات، تنشأ طبقة الانفصال قبل اتساع النصل، فتصل الورقة الى مرحلة نضجها وبها منطقة الانفصال. تتركب هذه الطبقة من صف أو أكثر من الخلايا البارنكيمية، صغيرة الحجم، رقيقة الجدر، محكمة التلاصق، ذات محتويات بروتوبلازمية كثيفة. تختلف هذه الخلايا عن التي فوقها وغيرها التي تحتها، وبها حبيبات نشا وفيرة كما في الفاصوليا Phaseolus والكوليس Coleus (شكل ١٠٦)، بالاضافة الى السليلوز والهيميسليلوزات ومركبات البكتين في جدر الخلايا، ويترسب السوبرين في الخلايا البارنكيمية للقشرة والنخاع والخشب واللحاء في صورة غشاء رقيق يبطن الجدر الخلوية. وقد يترسب السوبرين في المسافات البينية. وكثيرا تمتلىء تجاويف العناصر الناقلة بالتيلوزات والصموغ، وبذلك تغلق جميع التجاويف التي قد تكون طريقا لانسياب العصير الخلوى بعد سقوط الورقة.

أحيانا، تمتلىء تجاويف العناصر الغربالية بمواد تانينية. وتعتبر منطقة الانفصال جزءا ضعيفا عند قاعدة عنق الورقة. ومع هذا، فقد أوضحت البحوث أن هذه المنطقة تماثل في قوتها بقية مناطق العنق، وفي بعض النباتات، تنشأ هذه المنطقة في جزء من العنق يتميز بأقوى ترتيب للحزم الوعائية.

وتوجد ثلاثة أنواع من التغيرات البيو الكيماوية التي تحدث في جدر خلايا طبقة الانفصال تمهيدا لانفصال الورقة، تتضمن في احداها انتفاخ الصفائح الوسطى بين الخلايا المتجاورة في طبقة الانفصال، وتصبح هلامية ثم تتحلل وتذوب، الأمر الذي يؤدى الى تفككها. ولقد وصف هذا التغير في الصفائح الوسطى بأنه يتضمن تحول بكتات الكالسيوم الى حامض البكتيك والأخير يتحول الى بكتين يذوب في الماء. والسليلوز في الجدر يصبح في صورة جيلاتينية الأمر الذي يؤدى الى انفصال الخلايا عن بعضها على طول امتداد الصفيحة الوسطى دون أن تتكسر الخلايا أو تتحطم. ونتيجة لهذه التغيرات، يصبح اتصال الورقة بالفرع مقتصرا على البشرة والعناصر الوعائية.



(شكل ١٠٦): أ ـ قطاع طولى في قاعدة ورقة نبات البرقوق يوضح الخلايا التي تنقسم لتكون طبقة الانفصال.
ب ـ قطاع طولى في جزء من ساق نبات الكوليس شاملا قاعدة الورقة بعد انفصالها.

وبتحطم هذا الاتصال تتمزق العناصر الوعائية تحت ثقل الورقة أو ميكانيكيا بفعل الرياح.

وفي بعض النباتات، تتحلل وتذوب الطبقة الوسطى والجدار الابتدائى بين خليتين، وبذلك تصبح الخلايا منفصلة تماما الواحدة عن الأخرى. وفي حالات أخرى، تذوب خلايا طبقة أو أكثر في منطقة الانفصال.

التغيـران الأول والثاني في عملية انفصال الورقة، تحدث في النباتات الخشبية. أما التغير الثالث فيحدث في بعض النباتات العشبية. وتبعا لذلك، فان انفصال الأوراق

يكون راجعا الى حدوث تغير وفي التركيب يتبعه تمزق ميكانيكى . في بعض النباتات، كما في الفاصوليا Phaseolus قد تحدث التغيرات الثلاثة في وقت واحد.

ويبدأ انفصال الخلايا في أى من أنسجة طبقة الانفصال. فمثلا، في الكوليس Coleus يبـدأ الانفصال على السطح السفلى للعنق ويمتد تدريجيا في البشرة والقشرة حتى يصبح العنق قائما على القشرة العليا والعناصر الوعائية. وفي الفاصوليا Phaseolus يحدث الانفصــال أولا في خلايا النخـاع، ويمتـد منه الى الأنسجة الوعائية ثم القشرة. وفي القطن Gossypium يبدأ الانفصال على السطح العلوى للعنق.

وفي بعض النباتات متساقطة الأوراق، يتأخر سقوط الأوراق في موسم تساقطها، كما يحدث في بعض أنواع جنس البلوط Quercus ويرجع ذلك الى توقف التغيرات التي تحدد في خلايا طبقة الإنفصال حتى حلول فصل الربيع. وقد تبقى الأوراق في بعض ذوات الفلقتين على الساق لفترات طويلة كما في الدخان Nicotiana.

تكـوين المنطقـة الواقيـــة

حماية السطح المعرض من الجفاف والطفيليات، بعد انفصال الورقة، يتم بتكوين طبقات حماية ذات أصل ابتدائي وأصل ثانوى عادة (*شكل* ١٠٦).

وتحـدث التغـيرات الخلوية المرتبطة بتكوين طبقة الحماية ابتدائية النشأة عن طريق تلجنن جدر ثلاث أو أربـع طبقات من البارنكيما التي تقع تحت طبقة الانفصال، كما تترسب داخل هذه الخلايا طبقة رقيقة من السوبرين، وتختفى محتوياتها الحية تدريجيا. وقـد تترسب مواد أخرى مثل الكيوتين والدباغ، كما تظهر التيلوزات عادة في العناصر الـوعـائية لنسيج الخشب. هذه الطبقات الخلوية يتكون عنها معا طبقة حماية ابتدائية النشأة على السطح المعرض بعد سقوط الورقة.

وحينـما يتم تكوين الطبقة الملجننة المسوبرة، تدعم هذه الطبقة بظهور طبقة ثانوية المنشأ، هى البريدرم Periderm من الخلايا الواقعة تحت طبقات الحماية ابتدائية النشأة. وطبقـات الفلين التي تتكون من الكامبيوم الفلينى، وهو ثانوى المنشأ، الذي ينشأ في صفوف الخلايا البارنكيمية التي تقع تحت طبقة الحماية، تتصل مع نظيرتها التي تتكون على فرع النبات. كما يتكون أيضا خلايا قشرة ثانوية داخلية من الكامبيوم الفلينى Phellogen. وتختلف التغـيرات التركيبية التي تحدث عنـد انفصـال الأوراق بإختـلاف نـوع النبـــات.

الفصل السابع عشر

تكيف النباتات لعامل الماء

- النباتات المائية
- النباتات المغمورة
- النباتات الطافية
- النباتات البرمائية أو المنبثقة
- التكاثر في النباتات المائية
- النباتات الوسيطة
- النباتات الجفافية
- النباتات العصيرية
- نباتات الكثبان الرملية

الفصل السابع عشر
تكيف النباتات لعامل الماء

توجد في الطبيعة بضعة أنواع من بيئة النبات تختلف أساسا في محتواها المائى. ولاينمو ولا يزدهر أى نوع من النباتات الا في البيئة التي يتوفر فيها القدر المناسب من الماء الذي يكون متوافقا مع احتياجاته. خلال مراحل التطور استطاعت أعداد كبيرة من النباتات أن تكيف نفسها بتحور في صفاتها التركيبية لتعيش في بيئات ذات موارد مائية غزيرة، وأخرى تعيش تحت وطأة الجفاف الشديد.

وتوجد طرز نباتية يحددها التكيف للماء. فالنباتات التي تعيش مغمورة في الماء كليا أو جزئيا أو طافية فوق السطح تعرف بالنباتات المائية، أما التي تعيش في بيئة مواردها المائية محدودة فتحور تركيبها ليتواءم مع نقص المحتوى المائى فتعرف بالنباتات الجفافية. وتعيش الغالبية العظمى من النباتات في بيئة تتميز بمورد مائى متوسط، كما في نباتات الحقول والبساتين والمراعى، لايزيد الى حد الزيادة عن الحاجة، ولاينقص الى حد الجفاف، فانها تعرف بالنباتات الوسيطة.

النباتات المائية (نبات= Hudor = Water; Phyton) HYDROPHYTES

وتشمل النباتات التي تعيش في بيئة ذات موارد مائية غزيرة. فهى تعيش اما مغمورة في الماء، غمرا تاما أو جزئيا، أو في التربة المغطاة بالماء أو التي تكون مشبعة به. ويمكن تقسيم النباتات المائية من حيث علاقتها بالماء والهواء الى ثلاث فئات (١) النباتات المغمورة، (٢) النباتات الطافية، (٣) النباتات المنبثقة أو البرمائية.

وتتركز التكيفات البيئية في النباتات المائية، أساسا، في اختزال الأنسجة الناقلة والدعامية، وزيادة كبيرة في حجم الفراغات الهوائية في أنسجة المجموع الخضرى والتي قد يصل مقدارها الى حوالى ٨٠٪. ويبلغ مقدار الرطوبة في هذه النباتات حوالى ٩٠٪.

ولكل من فئات النباتات المائية بيئته الخاصة ومظهره وتركيبه المتميز.

(١) النباتــات المغمـــورة Submerged Plants

تعيش أجسام بعض النباتات المائية مغمورة كليا تحت سطح الماء، ومن أمثلتها نبات الألوديا .Elodea spp وحامول الماء .Urticularia spp ونخشوش الحوت Ceratophyllwin ولســان البحـر Potamogeton. وأهم ما تعانيه النباتات المغمورة صعوبة الحصول على الأكسجين من الوسط المائى الذي تنمو فيه لقلة الذائب منه في الماء (حوالى ٦سم٣ / لتر)، ويقل عن ذلك في الماء الراكد.

الصفات التركيبية (المورفولوجية) للنباتات المغمورة

النباتات المغمورة غمرا تاما، تختلف عن الشكل والتركيب الذين تتميز بهما النباتات الوسيطة عادة والتي نوجزها في:

١ ــ الجـذور: تكـون مختـزلة بدرجة كبيرة، قليلة التفرع أو غير متفرعة، خالية من الشعـيرات الجـذرية، وهى عادة عرضية، وأحيانـا تكـون غير موجـودة كما في نخشوش الحوت Ceratophyllum. وكثيرا تستبدل القلنسوة بتركيب جذرى واق يسمى جيب الجذير Root pocket.

٢ ــ سيقان النباتات المغمورة تكون عادة طويلة ورفيعة، خضراء اللون.

٣ ــ الأوراق تكون صغيرة جدا ورقيقة، وكثيرا تكون خيطية شريطية الشكل أو مجزأة الى خيوط رفيعـة، وبـذلك يتكون سطح ورقى كبير نسبيا ملاصق للماء كما في حامـول المـاء Urticularia ولاتسبب مقـاومة كبيرة للتيارات المائية، ولاتتعرض للتمزق. وعادة لايتجاوز سمك الورقة طبقتين أو ثلاث، وتتميز بارتفاع النسبة بين مساحة سطحها وبين كمية الأنسجة التي تكونها.

أما الصفات التشريحية للنباتات المغمـــورة فهي متحورة بدرجة كبيرة (شكل ١٠٧)، وفيما يلي عدد من التحورات التركيبية التشريحية لهذه النباتات:

١ ــ البشرة Epidermis وتـتركب في جميع أعضـاء النبـات من خلايا رقيقـة الجدر، لاتكســوهـا أدمة Cuticle ولهذا فهى طبقة غير وقائية. جدر الخلايا سليلوزية، ولهـذا فهى تقـوم بامتصـاص الغـازات والمواد الغذائية من الماء مباشرة. خلايا البشرة تحتوى عادة على بلاستيدات خضراء. الثغور غالبا تكون غائبة أو أثرية لاتقوم بوظيفتها، ويتم التبادل الغازى خلال الجدر الخلوية مباشرة. وإذا كانت جذور النبـات مثبتـة في الـتربـة فانها تحصـل على جانب من الغذاء من التربة مباشرة، ولاتتسوبر الأجزاء المسنة حتى تصبح غير منفذة، وتحتفظ بقدرتها على

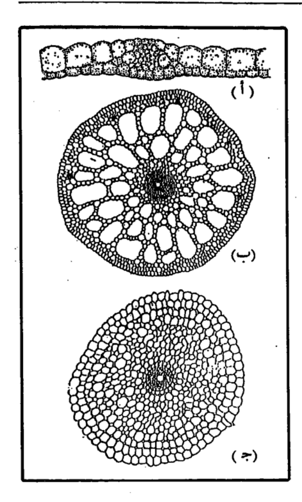
الامتصاص طول حياتها.

٢ ـ **القشــرة** Cortex : القشرة في الجذور عريضة، وتشكل في الساق مساحة أكبر كثيرا من مساحة الأسطوانة الوعائية، وتوجد في خلاياها بلاستيدات خضراء. وأهم ماتتميز به القشرة في الساق وجود غرف هوائية كبيرة ممتلئة بالغازات، تساعد في تخفيف وزن النبات وتعويمه ومقاومته لضغوط التيارات المائية. تتركب القشرة في الساق من بارنكيما هوائية Aerenchyma (شكل ١٠٧) جدرها رقيقة جدا. تنتشر الغرف الهوائية في الساق وأعناق الأوراق، ويفصلها عن بعضها البعض حواجز لايتجاوز سمكها خلية واحدة أو خليتين. وقد تمثل هذه الغرف الهوائية أكثر من ٨٠٪ من أنسجة النبات، وهي مستودعات تحتفظ بالأكسجين الناتج من عملية البناء الضوئي لكي يستخدم في عملية التنفس، وقد تحتفظ بجانب من غاز ثاني أكسيد الكربون الناتج من عملية التنفس للاستفادة منه في عملية البناء الضوئي أثناء النهار. وتساعد الفراغات الهوائية النبات على بقائه عائما في الماء. وإذا وجدت الجذور فان القشرة بها تحتوى أيضا على فراغات هوائية، وبذلك تنتشر هذه الغرف في جميع الأعضاء الخضرية.

والنباتات المغمورة، خالية من الكامبيوم الوعائي أو الفليني، وبذلك لايحدث فيها نمو ثانوي، ولايتكون الفلين، والذي يعيق عملية الامتصاص للماء ومرور الغازات.

٣ ـ **النسيج المتوسط في الورقة** Mesophyll وهو غير متميز الى بارنكيما عمادية أو اسفنجية، خلاياه كلها اسفنجية، غنية بالبلاستيدات الخضراء. ويحتوى النسيج المتوسط على فراغات هوائية تخزن فيها الغازات لعمليتي التنفس والبناء الضوئي، كما تساعد في تعويم الورقة. والجزء الأكبر من الامتصاص يتم من خلال السيقان والأوراق. ولاتوجد أنسجة تقوية في النسيج المتوسط، ومع هذا، فقد توجد حزم ميكانيكية على امتداد حواف الأوراق حيث تكسبها قوة في الشد.

٤ ـ **الجهاز الوعائي** Vascular System وهو ضعيف التكوين في السيقان. والحزم الوعائية الليفية غير موجودة، وانما توجد حزمة وعائية واحدة وسطية، عادة مركزية الخشب Amphicribral كما في نخشوش الحوت Ceratophyllum والالوديا Elodea. والخشب يكون مختزلا، تمثله فجوة خشب تظهر بوضوح مكان الخشب في صورة قناة تنتج من تكسر وتحلل عناصر الكامبيوم الاول Procambium وتحيط بهذه الفجوة خلايا بارنكيمية كبيرة الحجم ويليها اللحاء الى الخارج حيث يتكون من أنابيب صغيرة غربالية وخلايا بارنكيمية. ولاتوجد حزم وعائية قريبا من محيط الساق، كما في النباتات الوسيطة، فالقشرة تشغل الجزء الأكبر من محيط الساق،



(شكل ١٠٧): تفاصيل تركيب الألوديا (أ) قطاع عرضي في ورقة يوضح الحزمة الوعائية الليفة المختزلة. (ب) قطاع عرضي في الساق. لاحظ وجود البلاستيدات الخضراء في البشرة ووفرة العناصر الاسكلرنكيمية في القشرة الكبشرة نسبيا. تتكون الأسطوانة الوعائية كلية من خلايا رقيقة الجدر غير متميزة الى خشب ولحاء ويشغل مركز الأسطوانة الوعائية ممر خلوي وفي، (جـ) يشاهد قطاع عرضي في الجذر، يبين الأسطوانة الوعائية المختزلة كثيرا. وكذلك الممرات الهوائية في القشرة.

فيزداد نشاطه في عملية البناء الضوئي.

٥ ـ الأنسجة الميكانيكية Mechanical Tissues الخلايا الاسكلرنكيمية عادة غير موجودة. وقد توجد خلايا كولنكيمية في مركز الساق لتقاوم قوة الشد. ولهذا فان هذه النباتات تنهار غالبا اذا أخرجت من الماء لعدم وجود أنسجة ميكانيكية. وقد توجد حزم من الألياف على امتداد حواف الأوراق.

(٢) النباتات الطافية Floating Plants

وهي نباتات تطفو حرة فوق سطح الماء، طرأت على أجسامها تحورات في الشكل والتركيب شملت أجزاءها الهوائية، الأمر الذي جعل حياتها ميسورة.

وتعتبر نباتات جنس Eichhornia (الهياسنت) وأجناس عائلة عدس الماء Lemnaceae نماذج للنباتات الطافية.

ففي نبات ورد النيل Eichhnornia crassipes يوجد للنبات جذور عديدة، بينما في

عدس الماء Lemna minor يوجد جذر واحد، وفي جنس ولفيا Wolffia لاتوجد جذور في نباتاته. مثل هذه الجذور تكون عديمة الشعيرات الجذرية، وتتميز بوجود جيوب جذرية Root pocket تغطى أطرافها وتشبه القلنسوة الجذرية في النباتات الأرضية. وهذه النباتات تميل الى التجمع وتوجد بأعداد كبيرة، وتحركها تيارات المياه والهواء.

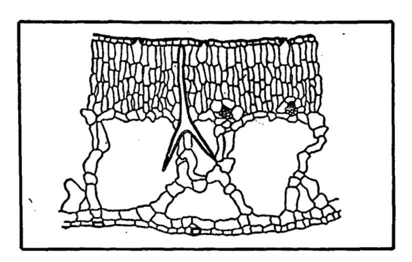
ويطفو نبات ورد النيل على سطح الماء بواسطة عوامات تشبه المثانات تمثل أعناق الأوراق المتضخمة والممتلئة بالهواء. ويتكاثر نبات ورد النيل خضريا بالخلفات Offsets من السيقان الجارية. وهذه الوسيلة تعتبر أهم أسباب الانتشار السريع لورد النيل. ثم تطفو الخلفات بأوراقها التي تشبه شراع الزورق وتنتقل بواسطة الرياح بسرعة من مكان لآخر حيث ينشأ عنها تجمعا جديدا من ورد النيل. . وفي الأماكن ذات المياه الضحلة، يتكاثر النبات بالبذور التي تبقى حية في فترات الجفاف، وتساعد في انتشار النبات إلى في مناطق أخرى بعيدة. ونبات عدس الماء يتكاثر بالبراعم الجانبية، ويحدث هذا التكاثر بسرعة لدرجة أن سطح المستنقع قد يغطى بالنباتات في بضعة أسابيع. وأوراق النباتات الطافية تغطى بطبقة رقيقة من الشمع تمنع ابتلال السطح العلوى وانسداد فتحات الثغور بقطيرات الماء. وعادة، توجد الثغور على السطح العلوى. والنسيج العمادى يكون غالبا حَسن التكوين، ويتمتلىء النسيج الاسفنجى بغرف هوائية واسعة. والسيقان كثيرا تغطى بمادة لزجة، الأمر الذي يمنع الأحياء المائية مثل القواقع من التغذية عليها.

النباتات البرمائية أو المنبثقة AMPHIBIAN OR EMERGENT PLANTS

النباتات المنبثقة هى نباتات تنمو جذورها في الماء منبثقة في الطين، بينما باقى الجسم يمتد في الهواء فوق سطح الماء. هذه النباتات مهيأة جزئيا لحياة الماء وجزئيا لحياة الهواء، وكل من جزئى الجسم، يختلف عن الآخر في التركيب. فتوجد لمعظم أنواع هذه النباتات سوقا أرضية طويلة زاحفة تمتد جذورها في الطين، وهى ضعيفة نوعا نتيجة لغزارة الماء. وجزء من الأوراق يوجد تحت سطح الماء، بينما الجزء الآخر من المجموع الخضرى ينمو في الهواء. الأوراق التي توجد تحت سطح الماء تأخذ شكل أوراق النباتات المغمورة وتركيبها. أما الهوائية فهى كبيرة وسطحها متسع وأعناقها طويلة.

وتوجد النباتات المنبثقة الزهرية على جسور الترع والمصارف وفي المستنقعات الضحلة مثل نبات ذيل القط Typha latifolia والبشنين Nymphaea (شكل ١٠٨) والبردى Cyperus papyrus وحب النيل Ipomoea hederaceae.

وتعتبر هذه النباتات أقل النباتات المائية تخصصا، فقد تنمو لفترة كنباتات وسيطة، وأخرى كنباتات مغمورة جزئيا. ويختلف مدى امتداد الجذور وتفرعها وتكوين الشعيرات



(شكل ١٠٨): قطاع مستعرض في ورقة البشنين. لاحظ وجود الثغور في البشرة العليا والغدد المخاطية في البشرة السفلي، وكذلك الخلية الحجرية التي على شكل حرف (Y) ذات الجدر المغلظة، والتي يحتمل أن تكون ذات فائدة في التدعيم الميكانيكي. ونشاط البناء الضوئي مقصور على النصف العلوي للورقة. أما الفراغات الكبيرة الممتلئة بالهواء والموجودة بالنصف السفلي فانها تساعد على الطفو.

الجذرية تبعا لنقص أو زيادة المحتوى المائى والتهوية. فمثلا، في نبات ذيل القط Typha latifolia يدل تغلب الأنسجة الميكانيكية والناقلة في الأوراق على اتجاهات وسيطة، بينما زيادة الأنسجة البارنكيمية الاختزانية وغيرها الهوائية يساعد على تغلب صفات النباتات المائية.

والنسيجان الميكانيكى والتوصيلى كلاهما مكتمل التكوين، ولهذا تستطيع النباتات المنبثقة أن تنمو قائمة. والغرف الهوائية الكبيرة تنتشرَ في قشرة الساق، وهى تعتبر من الصفات البارزة في السيقان. هذه الفراغات توجد أيضا في الأوراق (شكل ١٠٨) والجذور.

ويوجد تباين كبير في شكل وتركيب أوراق هذه النباتات، فأوراق النباتات التي تكون مغمورة في الماء تأخذ شكل وصفات أوراق النباتات المغمورة، أما الأوراق الهوائية تكون عادة كبيرة وسطحها متسعا. وبشرة الأوراق الهوائية ذات أدمة رقيقة، وثغور تكون أوفر عددا على السطح العلوى منها على السطح السفلى. النسيج العمادى في الورقة عبارة عن طبقة واحدة أو أكثر، وهو أقل سمكا من الجزء الذي يشغله النسيج الاسفنجى والذي يتميز باحتوائه على غرف هوائية كبيرة وعديدة. الجهاز الوعائى الليفى أكثر تميزا من أنواع النباتات المائية الاخرى.

التكاثر في النباتات المائيـــة

التكاثر الخضرى هو الأكثر شيوعا في النباتات المائية، ويعتبر ذلك نوع من الاستجابة لظروف البيئة، فمثلا، يتكاثر نبات الألوديا Elodea بالتجزؤه، وورد النيل Eichhornia بالخلفات من السيقان الجارية، أما عدس الماء Lemna minor فانه يتكاثر بالبراعم الجانبية.

وانتاج البذور يكون قليلا، ويحدث التلقيح بالحشرات أو الهواء، ففي البشنين Nym-phaeae يحدث التلقيح بواسـطة الحشرات، وهــو ضئيل جدا، ويعـوض بالتكـاثـر الخضرى. بينما يحدث التلقيح في نبات سلق الماء Potamogeton بالهواء. أما النباتات المائية التي توجد أزهارها تحت سطح الماء فيحدث التلقيح فيها بواسطة الماء.

النباتات الوسيطة (نبات = Phyton وسط = Meso) MESOPHYTES

النبـاتـات الـوسيطة هي نبـاتـات تنمـو في بيئـات أرضية ليست بزائـدة الـرطوبة كالمستنقعات والبرك، ولاهى بشديدة الجفاف كالصحارى، أى أن هذه النباتات تعيش في بيئة لاهى بالمشبعة بالماء ولاهى بالجافة، بيئة محتواها المائى معتدل، ومورد الأكسجين في التربة معتدل، كما أن الأملاح الذائبة في ماء التربة ليست خفيفة التركيز ولا زائدة، وتزدهر هذه النباتات في مناخ معتدل الحرارة. ينتمى الى هذه النباتات تلك التي تنمو في الحقول والحدائق والغابات والمراعى، فهى تضم الغالبية العظمى من النباتات مغطاة البذور، وتشغل مكانا وسطا بين النباتات المائية والجفافية.

وجذور النباتات الوسيطة تكون عادة واسعة الامتداد، غزيرة التفرع، الحيز الذي تشغله الجـذور غالبا يتجاوز الحيز الذي تشغله الأجزاء الهوائية، والشعيرات الجذرية دائـما غزيرة لتساعده على امتصاص أكبر قدر من الماء من تربة محتواها المائى معتدل. وتغطى أطراف الجذور التي تنمو في التربة بقلنسوة لحمايتها.

والأوراق في النباتات الوسيطة، داكنة الخضرة، تتفاوت في الاتساع والشكل، ذات سمك معتدل. الثغور كثيرة توجد عادة على كل من سطحى الورقة، غالبا أكثر عددا على السطح السفلى، كما يختلف تركيبها تبعا لنوع النبات لاسيما من ناحية عدد الخلايا المسـاعدة. ويغطى سطحا الورقة بطبقة مناسبة من الكيوتين لحماية الأنسجة الداخلية من الجفاف.

وتحتوى أجسام النباتات الوسيطة على أنسجة وعائية مكتملة التكوين حتى تستطيع توصيل المـــاء الممتص من الـتربـة الى الأوراق سواء في حالـة الأعشـاب أو الأشجـار والشجـيرات وتـوزيع الغـذاء المتكـون في الأوراق على أجزاء النبات. والحزم الوعائية

تتركب من نسيجي الخشب Xylem واللحاء Phloem مكتملي التكوين، وهي اما جانبية مفتوحة في سيقان وأوراق ذوات الفلقتين غالبا، أو جانبية مغلقة في ذوات الفلقة الواحدة، ونادرا ما تكون الحزم مركزية. والحزم الوعائية في الجذور تكون قطرية حيث يتبادل فيها الخشب مع اللحاء.

وتختلف النباتات الوسيطة عن المائية، في أحتواء أجسامها على أنسجة متنوعة يختص بعضها بالتدعيم، مثل الكولنكيمية والاسكلرنكيمية، وغيرها للتخزين مثل البارنكيمة، وهناك أخرى للوقاية مثل الفلين، وهذه الأنسجة وغيرها تفرضها ظروف البيئة المحيطة وطبيعة النمو، وفترات الحياة، وغيرها. وتتحور أعضاء بعض النباتات الوسيطة لتقوم بوظائف تخصصية معينة مثل التخزين والبناء الضوئي والتسلق وغيرها.

النباتات الجفافية (نبات = Phyton جاف = Xeros) XEROPHYTES

تشغل الصحارى في العالم حوالى ١ / ٤ مساحة الأرض. والصحارى امطارها قليلة والرياح فيها عاصفة، وتحدث فيها تقلبات مناخية متطرفة في درجات الحرارة والرطوبة. كما تتميز الصحارى بالتفاوت الكبير بين درجات الحرارة صيفا وشتاءا، وفي الليل والنهار.

ونباتات الصحارى اما حولية تقضى فترة حياتها في موسم واحد يكون ملائما لنموها، أو معمرة كيفت نفسها لبيئة الصحراء وحافظت على بقائها. والماء هو العامل الأساسى المحدد لنوعية نباتات الصحارى، وليست كميته فقط بل أيضا مدى توافره خلال أشهر السنة.

والنباتات الجفافية هى المميزة للصحارى، ومع هذا، فليست نباتات الصحارى كلها جفافية. فالنباتات الجفافية توجد في أي بيئة يكون محتواها المائى منخفضا ومصحوبا بظروف جوية تعمل على زيادة النتح، وتوجد أيضا في الكثبان الرملية Sand dunes – وقليلا ماتوجد في الصحارى المالحة حيث يزيد من وطأة الجفاف ارتفاع نسبة الأملاح في ماء التربة الى درجة يصعب على النبات امتصاصه.

والتكيفات الخاصة ببيئته الصحارى تمكن النبات من امتصاص الماء من التربة واكتنازه والمحافظة عليه والاقلال من فقده. وتتميز كثير من النباتات الجفافية بقدرة أنسجتها على مقاومة الذبول، وتحمل فترات طويلة من الجفاف، وتظل حية لاتصاب بأى أضرار حتى يتوفر الماء الذي يمكنها امتصاصه. وقد تفقد النباتات الجفافية حوالى ١٠-٢٥٪ من مائها قبل أن تذبل ويظل النبات حيا لفترات طويلة. والنباتات الجفافية ماهى الا نباتات مقاومة للجفاف، وتتوقف هذه المقاومة على مقدرتها على احتمال الذبول

دون أن تصاب بضرر ويرتبط ذلك بقدرة البروتوبلازم على تحمل الجفاف دون أن يفقد نشاطه الحيوي أو يظل في حالة كمون نسبي يستعيد بعدها نشاطه عندما يصبح امتصاص الماء ميسورا.

وتحدث في النباتات التي تعيش تحت ظروف الجفاف تحورات مورفولوجية وتشريحية (تركيبية) بعضها خاص بالحصول على الماء وغيرها لتخزينه وأخرى لتقليل فقده.

أ - *التكيفات الخاصة بالحصول على الماء ومواجهة نقصه*

تحدث تحورات في أجسام هذه النباتات تؤدى الى زيادة الموارد المائية عن طريق الامتصاص والاختزان في جسم النبات. ويتضح بعض هذه التحورات فيما يلي:

١ - الجذور تكون كبيرة الحجم، زائدة التعمق في التربة، غزيرة التفرع، وبذلك يزداد مساحة السطح الماص في الجذر.

٢ - تفرز أوراق بعض النباتات أملاحا تقوم بامتصاص الرطوبة من الجو اثناء الليل، كما تغطى الأوراق في نباتات أخرى بشعور تمتص الرطوبة من الجو مثل نبات الحرا Diplotaxis harra من العائلة القرعية Cucurbitaceae.

٣ - تكثر الأوعية في نسيج الخشب وتكون واسعة، الأمر الذي ييسر انتقال الماء الممتص في جسم النبات.

٤ - يكون الضغط الأسموزى للعصير الخلوى عاليا، يتفاوت مقداره تبعا لدرجة جفاف البيئة. فقد يصل مقداره الى أكثر من ١٥ ضغط جوى في بعض الأعشاب، بينما في الأشجار يزيد عن ٢٥ ضغط جوى. يؤدى ارتفاع كثافة العصير الخلوى الى تأخر ظهور أعراض الذبول في النبات.

ب - *التكيفات الخاصة بتخزين الماء*

يخزن الماء الزائد عن حاجة النبات في أعضاء خاصة لحين الحاجة اليه في الفترات التي يتعذر خلالها الحصول على الماء من التربة حتى يستمر النبات في النمو واستكمال دورة حياته، مثل الدرنات والكورمات والأبصال وكذلك الجذور الدرنية وبعض السيقان العصيرية مثل التين الشوكى Opuntia.

وأوراق بعض أنواع النباتات تكون لحمية تحتوى على نسيج خازن للماء يتركب من خلال بارنكيمية كبيرة رقيقة الجدر مثل الأجاف Agave.

جـ - *التركيب الخاص بتقليل فقد الماء:*

التكيفات الخاصة بالتركيب الشكلي:

١ - معظم النباتات التي تحتمل الجفاف غالبا تكون صغيرة الحجم. عندما ينقص ماء

التربة عن الحد اللازم للنمو، تذبل الأوراق أو تسقط كما في نبات الزلا .Zilla spp حتى يتوفر الماء المتاح عند سقوط الأمطار، فتعود الى النمو من جديد. هذه الظاهرة قد تتكرر عدة مرات في السنة الواحدة.

٢ ـ تتراكب الأوراق في بعض النباتات فتقل مساحة سطوحها المعرضة للحرارة وضوء الشمس، وقد تنطبق وريقات النبات خلال فترات الحرارة الشديدة كما في السنامكي Cassia angustifolia. وتنطبق أوراق بعض الحشائش الجفافية حتى تلتقي معا حافتي الورقة، أو تلتف على نفسها ناحية السطح العلوى فتصبح في شكل انبوبة كما في نبات قصب الرمال Ammophila arenaria (شكل ١٠٩).

٣ ـ أحيانا، يتورق العنق كما في بعض أنواع السنط Acacia وقد تتحور الأوراق الى أشواك كما في نبات عود الريح .Berberis spp أو تغيب الأوراق كما في نبات الرتم .Retema sp وهو من أكثر النباتات الصحراوية انتشارا.

٤ ـ كثيرا تكون الأوراق صغيرة جلدية أو حرشفية، وقد تتحور السيقان الى أشواك، وبذلك يكون السطح المعرض ضئيلا بالمقارنة مع مقدار الماء الممتص.

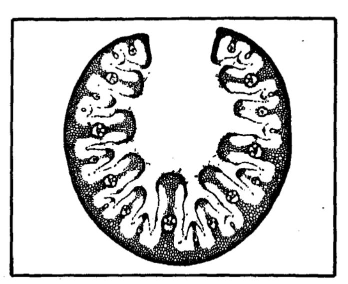
التركيب التشريحي الخاص بتقليل فقد الماء

١ ـ تغطى البشرة بطبقة أدمة سميكة، وفي بعض الأحيان تكون الأدمة أكثر سمكا من قطر خلايا البشرة، وكثيرا تكون جدر خلايا البشرة وتحت البشرة ملجننة وأحيانا تغطى البشرة بطبقة من الشمع، وبذلك يقل النتح الأديمى بدرجة كبيرة. في الحالات المتطرفة، قد يصبح سمك الأدمة أكبر من قطر خلايا البشرة، وقد يفرز عليها طبقة من الشمع، أو تتكون شعور فوقها.

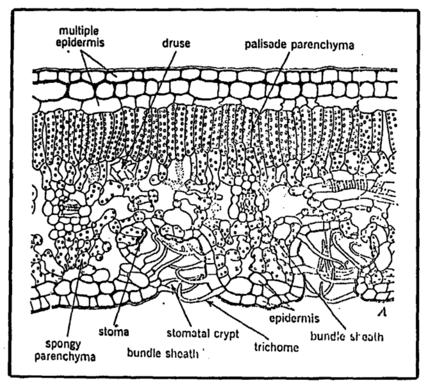
٢ ـ زيادة عدد طبقات البشرة العليا فتصبح البشرة في الورقة متضاعفة (شكل ١١٠)، وقد تكون جدر الخلايا زائدة التكوتن أو التلجنن مما يساعدها كطبقة واقية فضلا عن تدعيمها للورقة.

٣ ـ تحتوى أوراق كثير من النباتات الجفافية على مقدار كبير من الألياف، تدعم الورقة وتساعد في عدم انثنائها أو تهدلها في فترات الجفاف (شكل ١١١). الألياف تعمل كحاجز يحول دون نفاذ الضوء الشديد الى داخل الورقة، وبذلك يقل السطح المعرض من الخلايا رقيقة الجدر فيقل النتح بدرجة كبيرة.

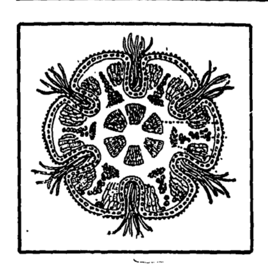
وتوجد الألياف كعوارض على شكل حرف T أو I تمتد عبر النسيج المتوسط حتى البشرة العليا والبشرة السفلى، وقد توجد تحت البشرة في الورقة طبقة أو أكثر من ألياف زائدة التلجنن، الأمر الذي يحول دون تهدل الورقة أو انثنائها تحت وطأة الرياح العاصفة، فتبقى الأوعية لتقوم بوظيفتها بدلا من أن تغلق أو تتكسر.



(شكل ١٠٩): قطاع عرضي في ورقة حشيشة الرمل يوضح عددا من الصفات التشريحية للنبات اصحراوية. لاحظ التجاويف بالسطح العلوي التي تقلل من مساحة السطح المعرض، وتقليل فقد الماء. وزيادة مقدار الألياف في الورقة للوقاية من وطأة الجفاف. لاحظ عوارض الألياف على كل حرف V وتكوينها من حزمة وعائية وألياف تكفل الصلابة للأوراق.



(شكل ١١٠): قطاع عرضي في نصل ورقة نبات الدفلة يوضح البشرة المتضاعفة والسراديب الثغرية بما فيها من شعور وثغور. لاحظ الثغور الغائرة.



(شكل ١١١): قطاع عرضي في الساق المتورقة لبنات الكازورينا يوضح الحزم الوعائية الداخلية والخارجية (الحزم القشرية). لاحظ الخلايا الاسكلرنكيمية والنسيج العمادى الرقيق والتجاويف والشعور الموجودة بها.

٤ ــ ازدياد نسبة النسيج العمادى الى الاسفنجى في الورقة، حيث تزداد عدد طبقات النسيج العمادى، وقد يوجد النسيج العمادى تحت سطحى الورقة، أو يصبح النسيج المتوسط كله عماديا. يؤدى هذا التكيف الى زيادة الطاقة التمثيلية للورقة وبالتالي زيادة الضغط الأسموزى للعصير الخلوى. وفي النباتات الجفافية المتطرفة يوجد نسيج اختزانى للماء في الورقة.

٥ ــ توجد في أوراق النباتات النجيلية، على السطح العلوى فيما بين العروق، خلايا كبيرة الحجم رقيقة الجدر تسمى الخلايا المحركة Motor cells في هيئة أخاديد واضحة قد تشغل سطحى الورقة. تساعد هذه الخلايا في التفاف النصل الى أعلا والى الداخل في حالات الجفاف (شكل ١٠٥). ويؤدى التفاف النصل الى حماية الثغور الموجودة على السطح العلوى من فقد الماء. الحزم الوعائية تكون متوازية، يحاط كل منها بغلاف من خلايا ذات جدر سميكة ملجننة. والبشرة تكون خلاياها زائدة التكوتن.

٦ ــ الثغور عادة تكون غائرة تحت سطح البشرة أو في تجاويف تحاط بشعور كثيفة (شكل ١١٠). ويكثر عدد الثغور على السطح العلوى بينما يكون السفلى شديد التكوتن. فإذا التفت الورقة الى أعلا وللداخل انخفض فقد الماء عن طريق النتح من الثغور وكذلك عن طريق الأدمة Cuticle. في أوراق بعض النباتات تنخفض نسبة الماء في الأوراق الى حوالى ٥٠٪ من الوزن الجاف وفي فترات الجفاف. في معظم أوراق النباتات الوسيطة تبلغ نسبة الماء حوالى ١٠٠ــ٣٠٠ من الوزن الجاف. وفي كثير من النباتات لاتنفتح الثغور في معظم فترات النهار.

التكيفات الجفافية كالأدمة السميكة والثغور الغائرة والألياف الكثيرة تحت البشرة تكون ضئيلة القيمة في تقليل النتح اذا كانت الثغور مفتوحة خلال فترات الجفاف.

وعادة تكون ثغور النباتات الصحراوية مغلقة معظم أو طوال فترة الجفاف، ولذلك فان هذا المقدار الضئيل من الماء الذي يفقد في عملية النتح عن طريق الأدمة يساعد في الحفاظ على الماء المخزن في النبات وبذلك يظل النبات حيا لفترة طويلة. ويبدو أن من أهم العوامل التي تحدد مقاومة النبات للجفاف قدرة خلاياه على تحمل الجفاف دون أن تعانى من أى ضرر قد يؤثر في حيوية البروتوبلاست. ومن ناحية أخرى، فان الصفات التشريحية قد تكون أقل أهمية من قدرة بروتوبلاست الخلية على احتمال الجفاف دون أن يفقد نشاطه الحيوى، ويتوقف ذلك على خصائصه الكيمو حيوية.

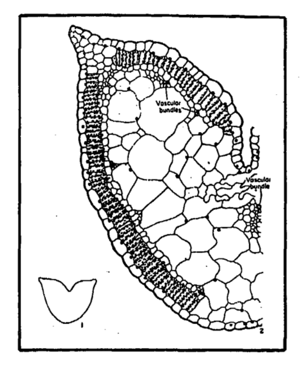
النباتات العصيريـــــــة SUCCULENT PLANTS

وهي طراز من حالات التكيف الشائعة في النباتات الصحراوية مثل نباتات العائلة الشوكية Cactaceae وأنواع من جنس Euphorbia وأنواع من العائلة الزنبقية Liliaceae. والنباتات العصيرية تتميز بتركيب خاص تستطيع بواسطته مقاومة الجفاف. ويرجع ذلك الى كثرة الماء المخزون في السيقان أو الأوراق. وترجع الطبيعة العصيرية الى زيادة حجم الخلايا البارنكيمية مصحوبا بزيادة في حجم الفجوات العصارية، بالاضافة الى الجدر الخلوية الرقيقة (شكل ١١٢).

والأوراق العصيرية تكون عادة صغيرة الحجم، غالبا أسطوانية، تغطى البشرة فيها بطبقة سميكة من الكيوتين تكسوها اخرى من الشمع كما في نبات الأجاف Agave. والأنسجة الخازنة للماء توجد اما على جانبى البشرتين العليا والسفلى، أو على جانب واحد فقط. وفي كثير من النباتات العصيرية تفتح والثغور ليلا فقط، الأمر الذي يؤدى الى الاقلال من النتح بدرجة كبيرة فضلا عن الاحتفاظ بالماء. وكثير من نباتات العائلة الشوكية Cactaceae تستطيع أن تعيش عدة شعور على الماء المخزون في أنسجتها الداخلية. الثغور قليلة العدد، وغالبا تكون غائرة.

والأوراق صغيرة، تسقط مبكرا في حياة النبات، وقد تتحور الى أشواك. لأغلب النباتات العصيرية جذور متشعبة في مساحة ضئيلة قريبة من سطح الأرض حتى يمكنها امتصاص مياه الأمطار وتخزينها. وقد تكون الساق مستديرة أو مفلطحة، وقد تكون ذات أضلع خضراء رأسية ينمو عليها العديد من الأشواك، ومع هذا، فهى لحمية سميكة.

والنباتات العصيرية يكون ضغطها الأسموزى منخفضا كما في التين الشوكى Opuntia فهو يتراوح بين ٥-٧ ضغوط جوية. ولاتمتص هذه النباتات الا القليل من ماء التربة. وأثناء الجفاف الشديد، حيث تسحب احتياجاتها من الماء المخزن في أنسجتها، والذي



(شكل ١١٢) : جزء من قطاع عرضي في نصل ورقة عصارية من نبات الشوك الأحمر يوضح البارنكيما العمادية على سطحي الورقة. الجزء الأكبر من نصل الورقة عبارة عن خلايا بارنكيمية خازنة للماء.

يكون كافيا حتى تجتاز فترة الجفاف التي قد تمتد الى عدة شهور.

نباتات الكثبان الرملية SAND – DUNES PLANTS

توجد الكثبان الرملية في الصحارى وعلى امتداد ساحل البحر، وهي تكونت نتيجة لانتقال الرمال بواسطة الرياح. وأكثر النباتات نجاحا على هذه الكثبان هى المعمرة ذات الريزومات الطويلة المتفرعة، والجذور المتعمقة. وأهم النباتات التي تنجح في الكثبان قصب الرمال Ammophila arenaria وحشيشة الرمل Psammia والسفون Agropyron junceum وبوص الرمال Calamovilfa وحشيشة اليم Elymus arenarius وكلها نباتات زاحفة مثبتة للرمال، ومحبة لها.

وهذه النباتات ذات ريزومات معمرة وجذور ليفية عميقة وهى قادرة على النمو رأسيا كلما تجمعت أكوام الرمال حولها، كما أنها قادرة على الدفن الجزئى تحت الرمال. ويؤدى تحلل الأجزاء المسنة لهذه النباتات الى تكوين دبال يزيد من صلاحية بيئة تربتها لنمو النباتات، فهى بذلك ليست مثبتات فقط للتربة الرملية ولكنها تنشىء مهدا صالحا لنمو نباتات أخرى.

ولقد أظهرت دراسة مثل هذه النباتات وتوزيعها قدرتها الكبيرة على التأقلم مع الظروف البيئية المحيطة. فالتحورات المتنوعة التي تحدث في أجسام مثل هذه النباتات ترتبط ارتباطا وثيقا مع عوامل البيئة المحيطة.

الفصل الثامن عشر

الزهـــرة THE FLOWER

- الأعضاء الزهرية
- التركيب المورفولوجي لحبوب اللقاح
- طرز حبوب اللقاح
- الجهاز الوعائي في الزهرة
- الوضع المشيمى
- وضع المحيطات الزهرية على التخت
- أشكال البويضات
- الغدد الرحيقية الزهرية
- سقوط أجزاء الزهرة

الفصل الثامن عشر

الزهـــــــرة

THE FLOWER

الزهرة، من الأعضاء النباتية الهامة المميزة للنباتات مغطاة البذور، وتعتبر من الناحية المـورفـولوجية ساقا أو فرعا محدود النمو، يحمل أجزاء زهرية مقابلة للأوراق، بعضها عقيم والبعض الآخـر متخصص في التكـاثر الجنسى (هذا التعريف يمكن أن ينطبق أيضا على المخروط Cone في النباتات المخروطية Conifers من عاريات البذور -Gymnos perms فهو تركيب تكاثرى يخرج من إبط ورقة حرشفية، ويحمل أوراقا جرثومية للتكاثر الجنسى، وقنابات حرشفية مرتبة حلزونيا على محور وسطى متطاول. والأوراق الجرثومية به، اما مذكرة أو مؤنثة، المذكرة تحمل على سطحها السفلى كيسين من حبوب اللقاح، بينما المؤنثة تحمل على سطحها العلوى، عادة، بويضتان عاريتان). والزهرة تعتبر موازية لفرع خضرى وليست مشتقة منه.

ويوجد تباين كبير في تركيب أزهار مغطاة البذور، وألوانها أو حجومها، تظهر صورته واضحة في الأجناس العديدة. ونتيجة للاختلافات التركيبية بين الأزهار، فقد استفاد منها العلماء في تقسيم مغطاة البذور الى رتب Orders وعائلات Families كل منها يتميز بتركيب زهرى خاص. وقد توجد الأزهار مفردة أو متجمعة في تركيب يسمى النورة -In. florescence وتتنوع النورات في تركيبها وأشكالها وحتى ألوانها.

وتصنف الأجزاء الزهرية الى عقيمة Sterile وأخرى خصبة Fertile. الأجزاء العقيمة تشمل السبلات Sepals ويطلق عليها معا في الزهرة اسم الكأس Calyx والبتلات Petals وتعرف معا باسم التويج Corolla والأجزاء الخصبة أو التكاثرية أيضا نوعان، الأسدية Stamens ويتكون منها الطلع Androecium والكرابل Carpels يطلق عليها اسم المتاع .Gynoecium

وتحمل الزهرة، عادة، على محور يسمى عنق الزهرة Pedicel أخضر اللون عادة تركيبه التشريحي يشبه تركيب الساق، حيث أن الاسطوانة الوعائية فيه تكون كاملة أو مجزأة. وقد يكون العنق طويلا أو قصيرا، وقد يكون غائبا. فإذا وجد العنق كانت الزهرة معنقة Pedicelled وان غاب كانت الزهرة جالسة Sessile. الجزء الطرفي من عنق الزهرة الذي تحمل عليه الأجزاء الزهرية يسمى التخت Floral receptacle أو Thalamus يتركب من عقد متقاربة جدا وسلاميات مضغوطة جدا أو مطموسة. وتترتب الأجزاء الزهرية حول التخت في محيطات Whorls أو حلزونيا Spiral فهي ليست متقابلة أو متبادلة كما هو الحال في أوراق النباتات على الساق. وقد تترتب جميع الأوراق في محيطات أو حلزونيا، أويترتب بعضها في محيطات والبعض الآخر حلزونيا Spirocyclic كما في العائلة الشقيقية Ranun-culaceae وفي الأزهـار الـراقية، كما في البـاذنجـان Solanum لايمكن تمييز العقـد أو السلاميات في التخت ويمكن أن تظهر في الدراسات التشريحية، بينما في الأزهار البدائية مثـل البشنـين Nymphaea تترتب الأوراق الزهرية حلزونيا، كل نوع يمثل منطقة من التخت المتطاول في هيئة حلزون أو أكثر.

وتخـرج الـزهرة من ابط ورقة مختزلة تسمى قنابة Bract. تختلف القنابات في شكلها وألوانها، فقد تكون خضراء صغيرة، أو حرشفية، أو تشبه الأسنان، وأحيانا تكون ملونة كما في نبات الجهنمية Bougainvillea. قد تكون القنابات غائبة كما في العائلة الصليبية Brassicaceae وقـد تكـون القنـابـة كبيرة تحيط بالنورة كما في النخيل Phoenix وتسمى القينوى Spathe. وفي العائلة النجيلية Poaceae كما في القمح Triticum يوجد نوعان من القنابات، العصيفة Lemma والاتب Palea. في أحد أجناس العائلة الحماضية Polygonaceae تستديم القنابتان ويتكون عن كل منهما تركيب مثانى مجنح يغلف الثمرة.

وفي معظم ذوات الفلقة الواحدة توجد على عنق الزهرة ورقة صغيرة تسمى قنيبة Bracteole تقع على جانب عنق الزهرة المواجة للفرع الذي تحمل عليه الأزهار بينما توجد قنيبتـان في معـظم ذوات الفلقتـين على جانبى عنق الـزهـرة، قد تكونان متبادلتين أو متقابلتين. وقد تكون القنيبات غائبة كما في العائلة الصفصافية Salicaceae.

والـزهـرة النمـوذجية الراقية تحتوى على أربعة أنواع من الأوراق الزهرية، كل نوع يتبـادل مع أوراق النـوع الآخر، وتنتظم أوراق كل نوع في محيط واحد أو أكثر، وعادة تتشابة أوراق كل محيط.

الأوراق الـزهـرية الخـارجية تشمل الكأس وهو الأدنى في المستوى، يليه الى الداخل الأوراق الزهرية للتويج. الأوراق الزهرية للكأس، عادة تكون خضراء اللون بينما في

التويج تكون ملونة.

الكأس والتويج يطلق عليهما معا اسم الغلاف الزهرى Perianth. فإذا تماثلت أجزاء الغلاف الزهرى فان كل منها يسمى تبلة Tepal كما في العائلة الحماضية Polygonaceae. وأحيانـا قد يغيب الكـأس أو التـويج أمـا في ذوات الفلقة الواحدة فيوجد طرازان من الأغلفة الزهرية. حيث يتميز الطراز الأول يكون الكأس والتويج سائبين ومختلفين في الشكل واللون والتركيب، المحيط الخارجى أخضر بينما الداخلى تبلى، في حين أن الطراز الثـانى يكـون الكأس والتويج متطابقين لدرجة كبيرة وبتلين. وفي ذوات الفلقتين قد يكـون الغـلاف الـزهرى غائبا كما في أزهار العائلة الصفصافية Salicaceae أو في هيئة حراشيف كما في عائلة نبات الجوز Juglandaceae أو أثريا كما في العائلة الكازورانية Casuarinaceae. قد يكـون الغـلاف الزهرى أبيض اللون أو أحمر كما في بعض أزهار العائلة الحماضية Polygonaceae. كما قد يكون الغلاف الزهرى كأسيا أو بتليا، تلتحم أجزاؤه قاعديا في تركيب أنبوبى كما في العائلة Santalaceae.

وفي وسط الزهرة وعلى قمة التخت يوجد المتاع الذي يشمل كربلة واحدة أو أكثر، يحيط به الطلع الذي يتركب من سداة أو عدد من الأسدية.

وإذا كانت الأوراق الزهرية في محيطات، فان أوراق المحيطات المتتالية عادة تتبادل في وضعها مع أجزاء المحيط الذي يسبقها أو يليها مباشرة. أما اذا كان النوع من الأوراق الـزهـرية يتـألف من بضعـة محيطات، كما في زهـرة أخيليا Aquilegia فان اجزاء هذه المحيطات تترتب في صفـوف طولية. وإذا كانت الأوراق الـزهرية مرتبة حلزونيا، فان أوراق الحلزون الـواحد تترتب على امتداد التخت المتطاول كما في الأزهار البدائية مثل المانوليا Magnolia.

وعـادة، يتـوقف المـرستيم القمى للبرعـم الزهرى عن النمو بعد تكوين الكربلة أو الكرابل، ومع هذا، في بعض النباتات ينمو جزء التخت الموجود بين الكأس والتويج ليتكـون عنه تركيب يسمى الحامل الزهرى Anthophore كما في زهرة السيلين Silene. وقد ينمو الجزء الذي بين الطلع والمتاع فيسمى بالحامل المتاعى Gynophore كما في زهرة شوك الحـمار Capparis والفول السودانى Arachis. في بعض الأحيان ينمو الجزء الذي يحمـل الـطلع والمتاع ويسمى الحامل الطلعى المتاعى Androgynophore كما في زهرة الساعة Passiflora.

بالاضافة الى ماتقدم، فقد ينمو التخت بين الكربلتين الملتحميتين، اللتين يتألف منهما متاع الزهرة، مكونا حاملا كربليا Carpophre ينشق طرفه عند نضج الثمرة مكونا فرعـين يحمل كل منهما ثميرة جافة. تتميز العائلة السذبية Rutaceae بأن جزء التخت

الواقع بين الأسدية والمبيض ينشأ عنه تركيب فنجانى الشكل أو ينمو مكونا حاملا متاعيا متطاولا قليلا ، قصيرا أو طويلا نوعا . علاوة على ذلك ، فان بعض أصناف الورد Rosa والكمثرى Pyrus تحمل زهرة ثانية تكونت من سطح الأولى. أحياناً في التفاح Malus ينشأ فرع صغير خضرى من البرعم الزهرى.

والأوراق الزهرية في المحيط الواحد قد تكون سائبة أو ملتحمة . وفي كثير من الأحيان تلتحم الحواف المتجاورة لأجزاء المحيط الواحد خلال تكشفها. هذا الالتحام Cohe- sion يحدث بدرجات مختلفة على امتداد الحافة ، فقد يكون كاملا أو جزئيا . وقد يكون الالتحـام قاعـديا Connate عند قواعد السبلات أو البتلات ، أو نصفيا Coherent أو كاملا Coalescence. والالتحام البتلى يكون واضحا في كثير من النباتات مثل البتونيا Petunia والبطاطا Ipomoea.

والالتصاق قد يحدث نتيجة لافرازات غدية أو تشابك تام بين خلايا البشرة أو بزوائد الأدمـة ، والأسـدية في العـائلة المـركبـة Asteraceae والبـاذنجـانية Solanaceae تعتبر متـلاصقة . في حالات أخرى ، تلتحم أجزاء محيطين متجاورين بدرجات مختلفة مثل التحام الأسدية بالبتلات كما في زهرة الربيع Primula. وتسمى الأسدية في هذه الحالة الأخيرة بالأسدية فوق البتلية Epipetalous.

وقد تلتحم الأسدية بالقلم Style والميسم Stigma في الكربلة فيتكون تركيب يسمى Gynostegium أمـا العـامود ، كما في العائلة الأوركيدية Orchidaceae أما التحام قواعد السبلات والبتلات والأسدية حول المبيض فينشأ عنه تركيبا يسمى Hypanthium أو An- dro–perianth tube هذا النوع من الالتحام يسمى الاندغام Adnation.

وتعتبر الزهرة كاملة Complete اذا احتوت على الأعضاء الزهرية الأربعة وهى الكأس والتويج والطلع والمتاع . وإذا غاب الكأس والتويج كانت الزهرة عارية Achlamydous وان وجدا عرفت الزهرة بذات الغطائين Dichlamydous وان غاب أحدهما كانت الزهرة وحيدة الغطاء Monochlamydous.

وإذا غاب أى من محيطى الطلع او المتاع ، كانت الزهرة وحيدة الجنس Unisexual تمييزا لها عن الأزهـار الخنثى Bisexual التي تحتوى على كل من هذين المحيطين . ومن ناحية أخرى ، اذا وجد الطلع وكان المتاع غائبا عرفت الزهرة بأنها سدائية Staminate أما اذا احتوت على المتاع فقط فانها تسمى كربلية Carpellate.

وفيما يلى عدد من طرز النباتات على أساس من وجود الأعضاء الجنسية في الزهرة ، ونوعية الأزهار على النبات :

١ ــ **نباتات متحدة الجنس** Monoclinous والازهار فيها تكون خنثى على نفس النبات.

٢ ــ **نبـاتات أحادية المسكن** Monodecious حيث توجد الأزهار السدائية والكربلية على نفس النبات كما في الذرة Zea والخروع Ricinus. الأزهار السدائية في الذرة توجد في نورة طرفية بينما الأزهار الكربلية في جزئها العلوى في حين ان السدائية في الجزء القاعدى، وقليلا مايوجد هذا الطراز في العائلة الصفصافية Salicaceae.

٣ ــ **نباتات ثنائية المسكن** Dioecious حيث يحمل النبات اما أزهارا سدائية أو كربلية كما في نخيل البلح Phoenix والصفاف Salix.

٤ ــ **نباتات متعددة الجنس** Polygamous وهذه النباتات تحمل أزهارا خنثى بالاضافة الى أخرى وحيدة الجنس كما في نبات الاسفندان Acer campestre الذي قد يصل ارتفاعه الى حوالى ٨٠٠ قدم أو أكثر.

والنباتات متعددة الجنس اذا حملت أزهارا خنثى، وأخرى وحيدة الجنس بنوعيها، السدائية والكربلية، على نفس النبات، عرفت باسم متعددة الجنس وحيدة المسكن Polygamomonoecious. وإذا وجـدت الأزهـار الخنثى مع اخرى سدائية على نبات، وغيرها كربلية على نبات آخر بالاضافة الى الأزهار الخنثى كانت هذه النباتات متعددة الجنس ثنائية المسكن Polygamodioecious كما في العائلة Aceraceae. وتوجد أنواع في هذه العـائلة تحمـل أزهـارا مذكـرة في جزئها السفلى بينما توجد أخرى خنثى في جزئها العلوى، ولهذا تسمى أحادية المسكن طلعى Andromonoecious.

تتميز عائلة شجرة الشمع Myricaceae بأن نبات Myrica gale يوجد به ثلاثة طرز من النباتات، ففي الطراز الأول تحمل النورة أزهارا كربلية عند قمتها وآخرى سدائية عند القاعدة. والطراز الثاني يحمل نورات في معظمها تحمل أزهارا خنثى، بينما الثالث يحمل نوعان من النورات؛ أحدهما أزهاره مذكرة والأخر ازهاره مؤنثة.
والغريب في هذه الحالة أيضا، أن نوعية الأزهار في هذه النباتات قد تتغير من عام الى آخر. ومما تجدر الاشارة اليه ان البويضة في هذه النباتات تكون ذات غلاف واحد يحتوى على حلقة من حزم وعائية.

الأعضــاء الزهريــة FLORAL ORGANS

تتنـوع الأزهـار بدرجـة كبـيرة في عدد أعضـائها الزهرية، فتتراوح بين عضو واحد وأربعة، كما تتنوع أيضا في عدد أجزاء كل عضو بين جزء واحد وعديد من الأجزاء. كما تتبـاين الأزهـار أيضـا في مدى التحـام أجزاء كل عضو ببعضها والتحام الأعضاء مع

بعضها البعض. ان مدى الاختلاف في الشكل والتركيب كبير في أزهار مغطاة البذور سواء في عدد الأعضاء الزهرية وعدد اجزائها ومدى الالتحام أو الاندغام فيها.

وتقسم الاعضاء الزهرية الى غير أساسية أو عقيمة وتضم الغلاف الزهرى وأخرى أسـاسية تشمـل الـطلع والمتاع. تتميز أزهار النبات ذات الفلقة الواحدة بأن محيطاتها الـزهـرية تتركب، غالبـا، من ثلاثـة أجزاء زهرية، بينما أزهار ذوات الفلقتين تتركب محيطاتها، غالبا، من خمسة أجزاء زهرية وأحيانا أربعة. وأحيانا يحدث تضاعف في عدد الأجزاء الزهرية التي يتألف منها عضو أو أكثر.

وإذا تساوت المحيطات الزهرية في عدد أجزائها سميت الزهرة متماثلة العدد Isomerous وتعتبر الزهرة حينئذ سوارية حقيقية Eucyclic. أما إذا كانت أجزاء المحيطات الزهرية متباينة العدد Heteromerous كانت الزهرة سوارية متباينة Heterocyclic.

وفي معظم الأزهار تنتظم الأوراق الزهرية على التخت في سوارات يختلف عددها من نوع الى آخر كما هو موضح فيما يلي:

١ ــ **أحادية المحيط الزهرى** Monocyclic والمحيط الموجود عادة هو احد الأعضاء الجنسية.

٢ ــ **ثنائية المحيطات** Dicyclic حيث تحتوى الزهرة على محيطين فقط.

٣ ــ **ثلاثية المحيطات** Tricyclic كما في الأزهار ذات الغطاء الواحد أو وحيدة الجنس.

٤ ــ **رباعية المحيطات** Tetracyclic وتحتوى على الأربعة أنواع من الأعضاء الزهرية، كل منها في سوار واحد Monocyclic.

٥ ــ **خماسية المحيطات** Penacyclic اذا حدث تضاعف في أوراق محيط ما كما في زهرة نبات البشنين Nymphaea.

وفي كثير من ذوات الفلقتين يشغل الكأس سوارين وكل من التويج والطلع والمتاع سوار واحـد. هنـاك عدد كبـير من ذوات الفلقـة الواحدة يكون فيها كلا من الغلاف الزهرى والطلع في سوارين أما المتاع فيشغل سوار واحد.

وقد يصل عدد المحيطات الى أكثر من اثنى عشر محيطا زهريا. تتراوح أجزاء المحيط الواحد بين اثنين وحتى ثلاثين ورقة زهرية. الزهرة ذات المحيطات الكثيرة تسمى عديدة المحيطات Polycyclic.

وتحمل الأوراق الزهرية على التخت في نظم مختلفة منها:

١ ــ النـظام السوارى Cyclic or whorled وفيه تتميز به الأزهار الراقية كما في العائلة المـركبـة Asteraceae والبـاذنجانية Solanaceae. وفي هذا النظام تترتب الأجزاء

الزهرية لكل عضو في محيط واحد أو أكثر.

٢ ــ النظام الحلزونى Spiral or Acyclic وتتميز به العائلات البدائية مثل الماجنولية Magnoliaceae والشقيقية Ranunculaceae والشوكية Cactaceae.

٣ ــ الـنـظام الحلزونى السـوارى Spirocyclic أو Hemicyclic وتـترتب فيه بعض المحيطات سواريا والبعض الآخـر حلزونيا. والغـلاف الـزهرى تترتب أجزاؤه حلزونيا بينما الأعضاء الجنسية تترتب سواريا كما في عائلة عرف الديك -Amaran taceae وأحيانا كما في العائلة القرنفلية Caryophyllaceae يترتب الكأس فقط في ترتيب حلزوني.

١ ـ الكـــأس Calyx

الكأس هو المحيط الخارجى للزهرة، وهو غطاء واق لأجزاء البرعم الزهرى ويتركب الكأس من أوراق زهرية يسمى كل منها سبلة Sepal تكون عادة خضراء اللون تشبه في تركيبها أوراق النبات لاسيما في ارتباطها الوعائى بالساق. تترتب السبلات محيطيا، غير أنها في بعض العـائـلات البـدائية تكون حلزونية الترتيب. وقد تكون السبلات ملونة بألـوان زاهية فتسمى سبـلات بتلية Petaloid sepals كما في زهرة العايق Delphinium والسالفيا Salvia حيث تساعد في اجتذاب الحشرات الى الزهرة.

وإذا كانت السبـلات زائـدة الاختـزال، فانها تأخـذ شكـل الأسنـان الرفيعة، أو الحراشيف او الاشواك وحتى البروزات. فمثلا، في بعض انواع الكافور Eucalyptus تكون السبلات زائدة الاختزال أو غائبة وفي جنس Cornus من العائلة Cornaceae يظهر فيه جميع نواحى اختزال الكأس في التركيب الخارجى والداخلى، فهو يتركب من أسنان دقيقـة أو فصـوص أو حتى حافـة ضئيلة. وفي أزهار العائلة الخيمية Apiaceae تكون السبلات غير واضحة تماما.

وأحيانا، كما في عدد من أنواع جنس الكافور، يكون الكأس غائبا.

وقد يسقط الكأس مبكرا مع انفتاح الزهرة كما في العائلة الخشخاشية Papaveraceae فيسمى سريع الزوال Cauducus أو يبقى حتى فترة تلقيح الزهرة فيعتبر متساقطا -De ciduous وقد يستديم مع الثمرة كما في العائلة الباذنجانية Solanaceae وبنجر السكر Beta Vulgaris حيث يصبح جامدا يحيط ببذور الثمرة. وأحيانا، يتخشب كما في ثمار الرمان Prunica granatum.

وإذا كانت السبلات منفصلة عن بعضها يسمى الكأس حينئذ سائب السبلات Polysepalous كما في زهـرة الكـرنب Brassica أما إذا التحمت السبلات معا، كليا أو

جزئيا، فيسمى الكأس ملتحم السبلات Synsepalous كما في زهرة البازلاء Pisum. sativum في زهـرة القـرنفل Dianthus ينشأ عن التحام سبلات الكأس تركيب أنبوبى الشكل حافته العليا مجزأة الى أسنان عددها يماثل عدد السبلات. وفي عدد من الأزهار تتحور سبلات الكأس فتأخذ أشكالا مختلفة منها:

١ ـ تتميز العـائلة الشفـوية Lamiaceae بأن الكـأس مستـديم Persistent وملتحم أنبـوبى الشكل ذو أسنان سائبة، أحيانا يتركب من شفتين Two–lipped. كما في السالفيا Salvia تأخذان لون التويج.

٢ ـ في العـائلة القـرنفلية Caryophyllaceae ويتميز جنس القـرنفـل Dianthus بأن الكأس فيه يكون ملتحما أنبوبى الشكل. ورغم أن الكأس يكون عادة أخضر اللون، الا أنه يكون أحيانا أبيضا أو ملونا يشبه التويج. مثل هذا الكأس البتلى Petaloid calyx كثـيرا يكـون موجـودا، وإذا كان التويج غائبا أو غير واضح في الزهرة كما هو الحال في عديد من أجناس العائلة الشقيقة Ranunculaceae. وفي عائلة أرستولوخيا Aristolochiaceae يتركب الكأس البتلى من ثلاثة أجزاء، قد تكون في هيئة جرس Bell-shaped أو أنبوبى مثل الجرة Picher-shape حيث توجد الأعضاء الاساسية في جزئه القاعدى، ويتسع في جزئه العلوى على شكل قمع Funnel-shaped.

٣ ـ في العائلة الشقيقية Ranunculaceae وتتحور السبلة الخلفية في زهرة العايق De-lphinium في هيئة مهماز Spur يحفظ فيه الرحيق.

٤ ـ في بعض أجناس العائلة الأسية Myrtaceae تلتحم سبلات الكأس مكونة غطاء Operculum يسقط عندما تتفتح الزهرة مثل بعض أنواع الكافور Eucalyptus. قد يصـل ارتفاع الكافور الى ٤٠٠ـ٥٠٠ قدم وقطر الساق عند القاعدة حوالى ٨٠ـ٩٠ قدم.

٥ ـ في بعض أنواع العائلة الصليبية Brassicaceae ينشأ عن قواعد السبلات، لاسيما السبلتـين الـداخليتـين، تركيب يشبه الكيس Sac يستخدم في حفظ الرحيق. والكأس في هذه الحالة يسمى جيبى Saccate. في أنواع أخرى، تتراكب السبلات فوق بعضها ليتكون عنها تركيب أنبوبى يدعم قواعد البتلات.

٦ ـ الكأس في العائلة المركبة Asteraceae يكون غائبا، أو يتحور الى شعور Hairs أو حراشيف Scales أو أشـواك Bristles تسمى Pappus. وهنـاك من يرى أن هذه التراكيب عبارة عن نموات خارجية ليس لها علاقة بالكأس. وفي العائلة الشفوية Lamiaceae يكـون الكـأس أحيانا لحميا ويستديم مع الثمرة، وقد يتركب من شفتين كما في الزعتر Thymus.

وفي معـظـم أجنـاس العائلة الخبازية Malvaceae يوجد محيط من قنيبات يقع تحت محيط الكأس يسمى تحت الكأس Epicalyx يشبه سبلات الكأس في لونها وتركيبها، يقوم مثل الكأس، بحماية أجزاء البرعم الزهرى. ويستفاد من صفات تحت الكأس في تمييز أجناس العائلة الخبازية. ففي جنس Abutilon يكون تحت الكأس غائبا بينها في جنس Hibiscus يتركب تحت الكـأس من عديد من القنيبيات. وقد يتكون تحت الكأس من تجمـع أذينـات السبلات في أزواج كما في بعض أجناس العائلـة الورديـة Rosaceae مثـل جنس الشليـك Fragaria.

التركيـب الداخلـى للسبـلات

الـتركيب الـداخلى لسبلات الكأس الخضراء يمثال نظيره في أوراق نفس النبات. وتزود السبلات بمسارات وعائية تخرج من العمود الوعائى للتخت وتترك فجوات فيه كما يحدث في مسارات الأوراق Leaf traces. وتدخل السبلات نفس العدد من المسارات التي تدخـل الأوراق الخضراء لنفس النـوع، وعـادة يكـون ثلاث مسارات. أما الانسجة الوعائية عادة فهي ابتدائية وتشبه نظيرتها في الأوراق.

وتتركب السبلة من نسيج متوسط من خلايا كلورنكيمية تكسوها البشرة على كل من سطحية. وقد تحتوى بعض خلايا النسيج المتوسط على بلورات، أحيانا تكون نجمية. ونادرا يتميز النسيج المتوسط الى عمادى واسفنجى. وخلايا البشرة تكسوها من الخارج طبقة من الكيوتين، تحتوى على ثغور، وأحيانا زوائد تماثل نظائرها في الأوراق الخضراء لنفس النوع.

٢ ـ التـويـــج Corolla

هو العضو الثانى الذي يلي الكأس الى الداخل، يتركب من أوراق زهرية تسمى كل منها بتلة Petal. في الأزهار الراقية تترتب البتلات على التخت في محيط واحد أو أكثر، بينما في الأزهار البدائية، مثل العائلة الشقيقية Ranunculaceae تكون البتلات حلزونية الترتيب.

والبتـلات رهيفـة، أكـبر حجما بكثير من السبلات، وتختلف في أشكالها وحجومها وألوانها. وأحيانا، يكون التويج أخضر اللون كما في أزهار نبات Brexia وبعض أنواع العائلة الزيزفونية Tiliaceae. وقد تكون البتلات سائبة فيسمى التويج سائب أو عديد البتلات Polypetalous كما في أزهار العائلة الوردية Rosaceae والكتانية Linaceae. وفي عائلات أخرى كما في العائلة الباذنجانية Solanaceae والقرعية Cucurbitaceae تكون البتلات ملتحمة، على الأقل قاعديا، فيسمى التويج ملتحم البتلات Gamopetalous

أو Sympetalous وأحيانا يكون التويج غائبا كما في العائلة الصفصافية Salicaceae وعائلة نبات البنجر Chenopodiaceae.

وعدد البتلات في الزهرة يكون عادة مساويا لعدد السبلات أو ضعف هذا العدد أو أكثـر. وفي بعض الأزهار يتميز في البتلة جزئان أحدهما قاعدى يسمى المخلب Claw والآخـر علوى يسمى النصـل Limb كما في أزهـار العـائلة الصليبية Brassicaceae والقـرنفلية Caryophyllaceae. في بعض الأحيان، يوجـد على التويج تراكيب نسيجية دقيقة تلتحم كثيرا معا، في التويج ملتحم البتلات، في هيئة تركيب فنجانى الشكل، يسمى التاج Corona. في زهرة النرجس Narcissus يكون التاج فنجانى الشكل، عند منطقة اتصال أنبوبة التويج Corolla tube مع النصل، وفي زهرة Daffodils يكون التاج كبيرا وواضحا، وفي زهرة الساعة Passiflora يكون في هيئة أشرطة أو زوائد زاهية اللون نامية من تحت الزهرة بين البتلات والأسدية وتعلو فوق مستوى الأعضاء التكاثرية. وفي جنس Pangium توجـد نمـوات من تحت الـزهـرة في هيئـة حراشيف تتحد مع قواعد البتـلات. وفي العـائلة القـرنفلية Caryophyllaceae تستطيل كثيرا المنطقة الواقعة بين الكأس والتويج وتحمل عليها بقية أعضاء الزهرة.

وفي بعض الأحيان يأخذ التويج أشكالا متميزة استفاد منها الباحثون في اطلاق أسماء وصفية لعدد من العائلات النباتية (شكل ١١٣) ومنها على سبيل المثال: ـــ

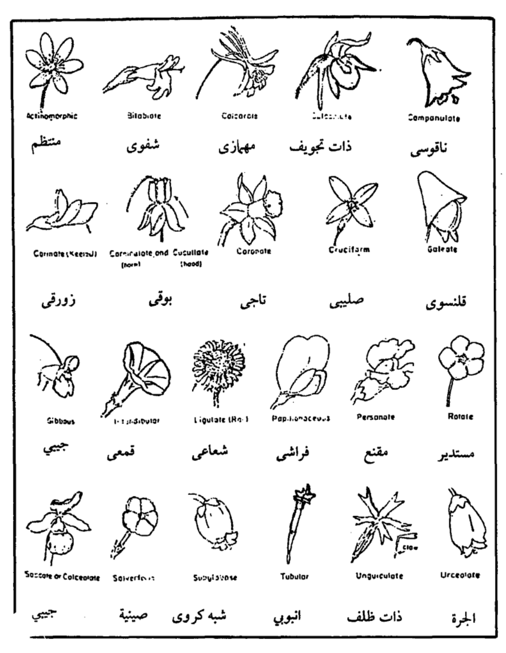
١ ـــ **العائلة الفراشية** Fabaceae والتويج في هذه العائلة يأخذ شكل الفراشة Butterfly-like يتكون من خمس بتلات، العليا أكبرها تسمى العلم Standard أو Banner وبتلتـان جانبيتـان في هيئة جناحى الفراشة، واثنتان قاعديتان يتكون عنهما تركيب يسمى الزورق Keel يوجد بداخله الطلع والمتاع.

٢ ـــ **العائلة الصليبية** Brassicaceae ويتركب التويج في هذه العائلة من أربع بتلات على هيئة صليب أشتق منه اسم هذه العائلة.

٣ ـــ **العائلة الشفوية** Lamiaceae ويتركب التويج من خمس بتلات ملتحمة جزئيا في هيئة شفتين؛ العليا محدبة نوعا تتركب من بتلتين، بينما السفلى من ثلاث بتلات أكبرها الوسطى كما في نبات السالفيا Salvia. وقد تتركب العليا من أربع بتلات بينمـا السفلى من بتلة واحدة كما في جنس Hyptis.

٤ ـــ **العـائلة النـاقـوسية** Campanulaceae والتويج في هذه العائلة يتركب من خمس بتـلات ملتحمة في شكل ناقوس كما في زهرة نبات الجرس Campanula. وعادة تكون قمة التويج ذات خمسة فصوص مقابلة لعدد البتلات.

بالاضـافـة الى الأشكـال أو الصـور السابقة للتويج، فهناك أشكال أخرى يمكن



(شكل ١١٣): الطرز التركيبية المختلفة لمحيط التويج.

ايضاحها فيما يلي:

١ ــ أنبوبى Tubular حيث تلتحم البتلات في تركيب أنبوبى كما في الأزهار القرصية لنبات تباع الشمس Helianthus.

٢ ــ قمعى Infundibular ويشبه القمع كما في زهرة الداتورا Datura والبتونيا Petunia.

٣ ــ لسيني Ligulate كما في الزهرة الشعاعية العقيمة Ligulate floret في تباع الشمس

من العائلة المركبة Asteraceae ويتركب التويج فيها من خمس بتلات ملتحمة على هيئة شريط يظهر عند قمته ثلاثة بروزات تمثل التحاما حدث في ثلاث بتلات، بعد اختزال البتلتين الاخريتين.

٤ ـ في جنس الكافور Eucalyptus قد تلتحم البتلات أحيانا في هيئة غطاء Operculum كمثـرى الشكـل يسقط من على التخت عند تفتح الزهرة، وقد يتركب الغطاء من طبقتين؛ احداهما علوية والأخرى قاعدية. .وفي Dicenta من العائلة الخشخـاشية Papaveraceae البتلتـان الـداخليتـان للتويج تغلفان الأسدية في الزهرة، وبالتصاق جزئيهما الطرفيين في هيئة قلنسوة يتكون غطاء فوق الاسدية والمسيم الوسطى.

٥ ـ مستدير Rotate ويشبه العجلة يكون منبسطا وعموديا على جزء قاعدى أنبوبى الشكل قصير كما في جنس Brunnera من العائلة Boraginaceae.

وتتحـور البتـلات كثـيرا في شكلها لتقوم بحفظ الرحيق Nectar الذي يجذب اليها الحشرات لتقوم بعملية التلقيح ونقل حبوب اللقاح. فمثلا، في زهرة البنفسج Viola odorata تتحور البتلة الخلفية الى تركيب على شكل مهماز لحفظ الرحيق.

ويرجـع لون البتـلات الى احتـواء سيتـوبـلازم خلايا النسيج الأساسى للبتلة على بلاستيدات ملونـة Chromoplasts أو وجـود صبغـات في العصير الخلوى، وأحيانا الى وجود النوعين معا. أما الرائحة فترجع إلـى وجـود زيوت عطـرية يفـرزها بروتوبـلاست خلايـا البشـرة .

التركيـب التشـريحى للبتـلات

عادة يصل البتلات من التخت مسارات وعائية فردية، مسار واحد لكل بتلة، وفي بعض الاحيان تزود البتلة بثـلاثة مسارات. الجهاز الوعائى في البتلة يتركب من حزمة وعائية كبيرة بالاضافة الى عدد من الحزم الصغيرة.

وتتركب البتلة من نسيج متوسط بارنكيمى التركيب، يتألف من بضعة صفوف من الخـلايا تغلفـه البشرة على كل من السطحين. والبارنكيما في النسيج المتوسط عادة من النوع الاسفنجى، تحتوى على بلاستيدات ملونة، أو صبغات في العصير الخلوى، وقد يوجد النوعان معا.

وجـدر خلايا البشرة تكون عادة رقيقة، تكسوها أدمة Cuticle يختلف سمكها تبعا لنوع النبات، وهى عادة مزركشة أو مخططة، نادرا تكون ناعمة. قد تنمو على البشرة شعور ناعمة تشبه نظيرتها التي على أوراق نفس النبات. والجدر المماسية لخلايا البشرة تكون اما مستقيمة او محدبة. الجدر القطرية لخلايا البشرة تكون كثيرا معرجة أو ذات

بروزات داخلية تتداخل فيها بينها الأمر الذي يزيد من قوة البشرة. وتختلف التجاويف التي بين البروزات في العمق والاتساع من نبات الى آخر، وقد تكون عميقة لدرجة أن الخلية تبدو نجمية الشكل. أحيانا، تكون التعرجات أكثر وضوحا على السطح السفلى أو مركـزة فيه فقط. عند قاعدة البتلة وعلى امتداد الحزم الوعائية تكون الجدر القطرية لخلايا البشرة عادة مستقيمة. غالبا، تكون الجدر الخارجية لخلايا البشرة ذات حلمات Papillae وهي أكثر عددا على السطح الظهرى كما في البنفسج Viola وهى غير موجودة عند قاعدة البتلة. الثغور، ان وجدت، تكون قليلة جدا، ولاتقوم بوظيفتها. كما توجد صبغات في بشرة البتلات وكذلك السبلات.

***ترتيب السبـلات والبتـلات فـي البـرعم الزهـرى* Aestivation**

تترتب السبلات والبتلات في البرعم الزهرى في صور مختلفة. وتستخدم مصطلحات وصفية للتعبير عن هذا الترتيب منها:

١ ــ **مصراعى** Valvate اذا تجاورت حواف السبلات والبتلات دون أن تتراكب كما في العائلة الطلحية Mimosaceae.

٢ ــ **متراكب** Imbricate اذا تراكبت الحواف المتجاورة بعضها فوق بعض يحدث هذا الوضع في الأوراق الزهرية حلزونية الترتيب. ومن أنواع هذه التراكيب المتراكبة ما يلي:

أ ــ ***خماسى*** Quincuncial وهـــو صورة شائعـــة في الأزهـــار خماسية الأوراق الـزهـرية، حيث توجـد ورقتـان خارجيتـان، الأولى والثـانية، وورقتان داخليتان، الرابعة والخامسة، والورقة الزهرية الثالثة تكون احدى حافيتها داخلية تحت الورقة المجاورة الأولى بينها الحافة الاخرى تراكب الخامسة. ويوجد هذا الطراز في كأس ازهار كثير من ذوات الفلقتين.

ب ــ ***ملتف*** Contorted حيث تراكبت حافة ورقة زهرية على حافة ورقة زهرية تالية لها، وفي نفس الوقت تتراكب حافة الورقة السابقة على الحافة الأخرى أى تكون احدى الحافتين متراكبة بينها الأخرى الى الداخل من حافة ورقة مجاورة، كما في بتلات العليق Convolvulus.

٣ ــ **منطبقة طوليا** Conduplicate : إذا انطبقت حافتا الورقة الزهرية الى الداخل على طول امتداد العرق الوسطى.

٤ ــ **ملتفـة الحـافتـين للداخـل** Involute : إذا التفت كل من الحافتين من السطح العلوى في اتجاه العرق الوسطى. وإذا كان التفاف الحافتين على السطح السفلى أى ملتفة الى الخارج عرف هذا الترتيب باسم Revolute أما إذا التفت الورقة كلها

في اتجاه واحد عرفت باسم ملتفة Convolute.

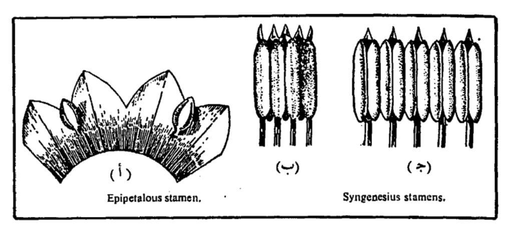
الطلـــع Androecium

الطلع هو المحيط الأساسى الأول فى الزهرة الكاملة، وتسمى كل وحدة من وحداته سداة Stamens. ومن النـاحية العـددية، يتراوح عدد الأسدية في الزهرة فيما بين سداة واحدة فتسمى الزهرة وحيدة السداة Monandrous وعدد غير محدود منها فتسمى الزهرة عديدة الأسدية Polyandrous. وقد يصل عدد الأسدية في الزهرة الى حوالى ٨٠ سداة كما في بعض أنواع العائلة Euphorbiaceae وقد يصل الى مائة أو مائة وخمسين سداة مرتبة في صفوف كما في بعض أجناس العائلة الشقيقية Ranunculaceae.

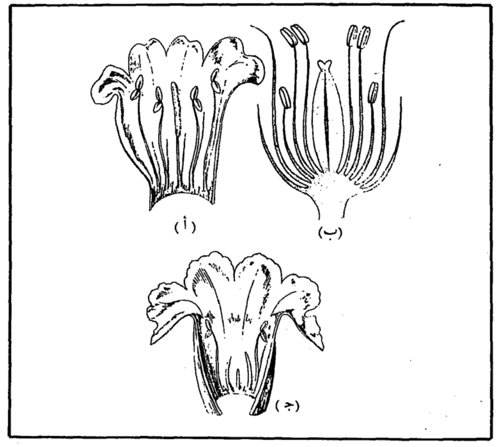
وتتميز الغالبية العظمى من مغطاة البذور بأن الأسدية تترتب سواريا على التخت، والترتيب الحلزونى للأسدية يتميز به الطلع البدائى Primitive androecium الذي يوجد في كثير من ذوات الفلقتين البدائية مثل العائلة الماجنولية Magnoliaceae والقشطية An-nonaceae. وإذا كانت الأسدية في محيط واحد يسمى الطلع أحادى المحيط Haplos-tomonas واذا رتبت في محيطين، الخارجية منها متبادلة مع البتلات، يسمى الطلع ثنائى المحيط Diplostomonas. وإذا كانت الأسـدية في أكثر من محيطين يسمى الطلع عديد المحيطات Polystomonas. والطلع عديد المحيطات يعتبر بدائيا. العائلات التي تترتب فيها الأسدية في محيطين تعتبر سابقة في منشئها للعائلات التي تترتب أسدية الزهرة فيها في محيط واحد أى تعتبر أكثر رقيا من الأولى. أما الترتيب السوارى في الطلع فيمثل تحورا من الترتيب الحلزونى. وتكون الأسدية كثيرا فوق بتلية Epipetalous (شكل ١١٤) اذا التحمت بالتـويج، قليلا مايحـدث التحـام خيوط الأسـدية بأجـزاء الغلاف الزهرى فتسمى فوق سبلية Episepalous كما في العـائلة Proteaceae. وقد تلتحم الأسدية مع أقلام ومياسم الكرابل مكونة تركيبا واحدا يسمى Gynostegium كما في العائلة Asclepidaceae والأوركيدية Orchidaceae.

وعادة تكون الأسدية على التخت متبادلة في وضعها مع البتلات وبذلك تكون مقابلة للسبلات Antisepalous. وأحيانا تقابل الأسدية البتلات فتسمى مقابلة Antisepalous كما في Primula.

وعادة تكون الأسدية متساوية في الطول. وفي بعض الأحيان كما في حشيشة الشقوق Linaria والمنثـور Matthiola توجـد سداتان طويلتان وغيرهما قصيرتان، فيسمى الطلع طويل الاثنين Didynamous (شكل ١١٥). وفي العائلة الصليبية، الطلع يتركب من ستـة أسدية، أربعة طويلة واثنتان قصيرتان، فيسمى طويل الأربع Tetradynamous (شكل ١١٥)



(شكل ١١٤): أ ـ أسدية فوق بتلية.
ب ـ جـ ـ أسدية ملتحمة المتوك بينها الخيوط سائبة.



(شكل ١١٥): أ ـ طلع طويل الاثنين.
ب ـ طلع طويل الأربع.
جـ ـ طلع عقيم.

الاختزال في عدد الأسدية

اختـزال عدد الأسـدية في المحيط الـواحد من الطلع كثيرا مايتنوع مداه في العائلة الواحدة. فقد يخزل العدد من خمسة أسدية الى أربعة وحتى سداتان كما في عائلة Scrophylariaceae وحتى في نفس الجنس كما في Polygonum من تسع أسدية أو ستة الى ثلاث وحتى سداتان. وقد يحدث الاختزال بدرجة كبيرة حتى يصبح الطلع مكونا من سداة واحدة كما في Wolffia والكازوارينا Casuarina و Najas ومعظم الأوركيدات Or-chids.

وقـد يحدث الاختـزال أيضا في عدد محيطات الطلع، فقد يغيب محيطات الأسدية كلهـا، وأحيانا يغيب المحيط الداخلي للاسدية في بعض العائلات بينما يغيب المحيط الخارجى في عائلات أخرى.

ويتنـوع شكـل ووظيفـة الأسدية العقيمة Staminodia في الزهرة. فقد تتحول الى أجزاء بتلية كما في Eupomatia من العائلة القشطية، أو أعضاء افرازية. وقد تمثل هذه الأسدية العقيمة بتراكيب قصيرة وغليظة على التخت. ويعتبر الأختزال الى سداة واحدة خصبة نصف المتك فيها بتليا Petaloid من صفات بعض العائلات، أحادية التناظر مثل عائلة نبات الكنا Cannaceae والعائلة الزنجبارية Zingiberaceae.

تركيب السـداة

تتركب السداة في مغطاة البذور عادة من خيط Filament ومتك Anther. وإذا كان الخيط غير موجود اعتبرت السداة جالسة.

والسـداة البـدائية لايتميز فيهـا خيط ومتك، كما توجد سداة اكثر بدائية في مغطاة البذور الحالية في جنس Degeneria من العائلة الشقيقية. هذه السداة عريضة، تشبه نصـل الـورقـة لايتميز فيها خيط أو متك أو موصل، وتحتوى على ثلاث حزم وعائية. أكياس حبـوب اللقاح Pollen sacs تكون غائرة عميقا داخل السطح السفلى قريبا من منتصف هذه السـداة توجـد أيضـا في العائلة القشطية بينما في العائلة الماجنولية توجد أكياس حبوب اللقاح على السطح العلوى.

في الازهـار الـراقية، يضيق نصـل السداة تدريجيا، الجزء القاعدى يصبح الخيط بينما الطرفى يصبح المتك، ومنطقة العرق الوسطى تصبح الموصل، وهو النسيج العقيم بين فصى المتك.

أ ـ *الخيـط* Filament وهـو الجـزء من السـداة الذي يحمل المتك. يختلف الخيط في شكله، فقد يكون عريضا يشبه البتلة ومجنحا، أو أسطوانيا متطاولا، أو خيطيا أو

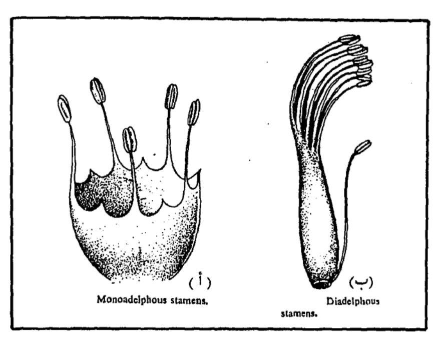
متفرعا كما في الخروع حيث يكون الطلع في هيئة تركيب غزير التفرع يحمل المتوك على الفريعات الدقيقة. الخيوط العريضة تعتبر أكثر بدائية من غيرها.

وأحيانا تكون المتوك جالسة Sessile بدون خيوط كما في الجوز Juglans وجنس Najas. الجزء القاعدى الضيق من السداة ذات الشكل الورقى في أنواع بعض العائلات البدائية مثـل المـاجنـولية والقشـطية يمكن اعتبـاره خيطا قصيرا عريضا لايتعدى قاعدة ضيقة للنصل. وقد يتخشب الخيط أحيانا كما في جنس Kingia من العائلة الزنبقية، وقد يكون لحميا وطـويلا ومستـديبا كما في المنثور Matthiola والورد Rosa أو في هيئة أسنان كما في الكتان Linum وقد يكون قصيرا وسميكا كما في العائلة القشطية.

وقد يحمل الخيط تراكيب أذينية عند قاعدته كما في البصل Allium والبنفسج Viola أو عنـد قمتـه كما في Mahonia من العـائلة Berberidaceae. والـتراكيب الأذينية تختلف مورفـولـوجيا عن بعضهـا البعض، فقـد تكون أذينية حقيقية، أو تمثل بقايا أسدية أو نموات غدية. وفي Dicentra من العائلة الخشخاشية Papaveraceae يوجد عند قاعدة الخيط غدة رحيقية على كل من جانبيها.

وخيوط الاسدية في نبات Mahonia جساسة تنحنى الى الداخل عند لمسها، وأحيانا تقـل الخيوط في الـطول عند اللمس كما في العائلة المركبة. عادة، تبقى الخيوط قصيرة حتى مرحلة متـأخـرة من تكـوين الـزهـرة، وتـزداد طولا بعد تفتحها نتيجة لاستطالة خلاياهـا. ففي نبـات الشـوفان Avena sativa يزداد طول الخيوط بدرجة كبيرة خلال عملية التلقيح معرضا المتوك للهواء. وقد يكون الخيط قصيرا وسميكا يحمل زوجين من المتوك كما في العائلة الشقيقية.

وقـد تلتحم خيوط الأسـدية في الزهرة مكونة حزمة واحدة فتسمى الأسدية وحيدة الحزمة Monadelphous (شكل ١١٦) كما في الكتان، حيث تلتحم الخيوط عند قاعدتها مكونة تركيبا أسطوانيا يوجد خارجه غددا مفرزة للرحيق. وقد ينتج عن التحام الخيوط تركيب أنبوبى يسمى الأنبوبة السدائية Staminal tube كما في العائلة الخبازية -Mal vaceae وقـد يحدث الالتحام بين المتوك فقط بينما تبقى الخيوط سائبة فتسمى ملتحمة المتـوك Syngenesious (شكـل ١١٤) كما في معظم أزهار العائلة المركبة Asteraceae. وأحيانـا تلتحم الخيوط في حزمتـين فتسمى الأسدية ثنائية الحزم Diadelphous (شكل ١١٦) كما في العـائلة الفـراشية Fabaceae. كما قد تلتحم خيوط الأسدية في عدة حزم فتسمى الأسدية عديدة الحزم Polyadelphous كما في جنس Citrus. في جنس -Cyclanth era من العـائلة القـرعية cucurbitaceae تلتحم الأسـدية كليا، فيتكون عامود وسطى يحمل عند قمته حلقتين تحتويان على حبوب اللقاح.



(شكل ١١٦): أ - أسدية وحيدة الحزمة.
ب - أسدية ثنائية الحزم.

بالاضـافة الى التحام خيوط الأسدية سواء في حزمة واحدة أو أكثر، فان كل متك من أزهار جنس القرع Cucurbita ينطوى ثلاث طيات، وتلتحم معا عن طريق موصلاتها مكـونة تركيبا في هيئة عامود وسطى. وفي جنس Cyclanthea من العائلة القرعية أيضا تلتحم الأسـدية التحـامـا كليا في حزمة واحدة على شكل عامود تعلوه حلقتين، ذات أكياس تحتوى على حبوب اللقاح، تنفتح عرضيا.

وأحيانـا، تكـون الخيوط ملونـة، وقـد تكتسب الـزهـرة لونها من لون هذه الخيوط السدائية كما في زهرة السنط Acacia. ويرجع اللون الى وجود صبغات في العصير الخلوى لخلايا النسيج الأساسى للخيط.

وفي بعض النبـاتات، تحتوى الزهرة على غدد رحيقية سدائية Staminal nectaries. وقد توجد هذه الغدد على خيوط المتوك كما في القرنفل Dianthus أو على الموصل كما في البنفسج Viola أو عند قواعد الخيوط كما في جنس Dicenta من العائلة الخشخاشية. كما توجد هذه الغدد أيضا على حزمة الخيوط الملتحمة في العائلة الفراشية Fabaceae.

التركيب التشريحى للخيط

البشرة في الخيط تكسـوهـا أدمـة Cuticle وأحيانـا شعور دقيقة. النسيج الأساسى

يتركب من خلايا بارنكيمية ذات فجوات عصارية، تحصر فيها بينها مسافات بينية صغيرة، أحيانا يحتوى العصير الخلوى لهذه الخلايا على صبغات. عادة يمتد داخل خيط السداة حزمة وعائية واحدة مركزية الخشب تمتد حتى الموصل وقد تصل الى مسافة معينة فيه. قليلا ماتوجد حزمتان وعائيتان في الخيط كما في بعض أجناس العائلة البشنينية Nymphaeceae وبعض أجناس العائلة التينية Fagaceae. وفي الكازوارينا Casuarina تلتحم الحزمتان الوعائيتان عند قاعدة الخيط ليتكون عنهما حزمة وعائية مركزية الخشب.

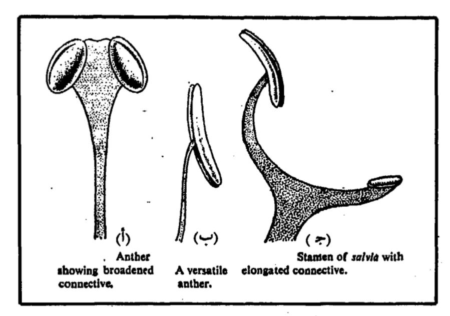
ومعظم الأسدية البدائية التي تشبه نصل الورقة تكون ذات ثلاث حزم وعائية كما في العائلة القشطية وكثير من أفراد العائلة الماجنولية والبشنينية. يعتبر تفرع النسيج الوعائى في الخيط الذي يحتوى على حزمة وعائية نادرا بينما يكون شائعا في الأسدية ثلاثية الحزم.

ب ــ ***المتـك*** Anther وهو جزء السداة الذي يحتوى على حبوب اللقاح. ويتنوع المتك في شكله فيما بين الخيطى والسهمى حتى شبه الكروى وذى الأربع زوايا. والمتك النموذجى الناضج يتركب من فصين Lobes يرتبطان معا بنسيج يسمى الموصل Connective. أحيانـا، ينقسم الموصل طوليا حتى الخيط كما في جنس Corylus وبذلك ينفصل كل فص متكى عن الآخر.

في العـائـلات البـدائية، مثل الماجنولية والبشنينية يمثل الموصل الجزء الرئيسى في السداة حيث يكون عريضا يشبه نصل الورقة، بينما في العائلات الراقية، مثل المركبة Asteraceae يكون الموصل رفيعا أو خيطيا، وكما هو الحال في العائلة النجيلية Poaceae. ويمتد الجزء الطرفى من الموصل كثيرا في هيئة زائدة كما في العائلة الماجنولية Mag-noliaceae والبشنينية Nymphaeaceae. أحيانـا، تحدث هذه الـظاهرة في بعض مغطاة البذور الأكثر رقيا مثل المركبة، حيث يمتد الموصل فيها بعد المتك في هيئة زائدة، عريضة تمثل تحورا يتوافق مع عملية التلقيح حيث يؤدى تجمع هذه الزوائد العريضة الى غلق الأنبـوبـة السـدائية لتجنب اهـدار حبوب اللقاح. وقد يستطيل الموصل بدرجة كبيرة ليتكـون عنه حاملا جديدا يحمل عند أحد طرفيه فص متكى خصب وفي الأخر فص عقيم كما في السالفيا Salvia (شكل ١١٧).

والمتـك الذي يتركب من فصين يسمى ثنائى الفص Dithecous والذي يتركب من فص واحـد يسمى وحيد الفص Monothecous. المتـك ثنـائى الفص هو النمـوذجى ويوجد في الغالبية العظمى من مغطاة البذور.

ويتركب الفص المتكى من حافظتين جرثوميتين أو كيسين لحبوب اللقاح، بينما المتك أحادى الفص يحتوى على حافظتين جرثوميتين فقط. وفي كثير من انواع العائلة الشفوية Lamiaceae يكـون الفص المتكى الثـانى غائبا أو عقيما. وفي عائلة الكنا Cannaceae



(شكل ١١٧): أشكال الموصل وطريقة اتصال الخيط بالمتك مفصليا.
أ ـ موصل متضخم.
ب ـ اتصال الخيط بالمتك مفصليا.
جـ ـ موصل ممتد أفقيا.

يكوّن أحد الفصين عاديا بينما الفص الآخر يكون بتليا.

وعندما تنضج حبوب اللقاح يصبح الفص المتكى مكونا من كيس واحد نظرا لتحطم الجـدار الـواقـع بين كيسى حبـوب اللقاح. وفي عائلات أخرى، كما في بعض أنواع الأوركيد، يتحـطم هذا الجدار مبكرا فتختلط حبوب اللقاح معا أو تبقى كل مجموعة بجانب الأخرى دون أى فاصل. ومن ناحية أخرى، قد تتكون حواجز عرضية، تتركب من خلايا عقيمـة، في الفص المتكى كما في العـائلة الطلحية Mimosaceae ، فيصبح الفص المتكى الناضج عديد الحجرات ويبدو محتويا على تجمعات طولية من حبوب اللقاح.

الارتباط بين الخيط والمتك

تتنوع طرق ارتباط الخيط بالمتك تبعا لنوع الزهرة، رغم أنهما جزئين لعضو واحد. ويتضح ذلك فيما يلي:

١ ـــ **قاعدى** Basifixed : اذا اتصل المتك بقمة الخيط عند قاعدة الموصل. ويعتبر هذا الطراز بدائيا.

٢ ـــ **ظهـرى** Dorsifixed اذا اتصـل الخيط بالسـطح الـظهـرى للمتك على امتداد

الموصل. ويعتبر هذا الطراز راقيا.

٣ ـ مفصلي Versatile وفي هذا الطراز تكون قمة الخيط رقيقة وتتصل بظهر المتك في نقـطة واحـدة، مما يجعل المتك قادرا على الحركة في أى اتجاه. وهذا الطراز راق (شكل ١١٧).

والخيط قد يكون متفرعا في مستوى واحد كما في العائلة الآسية Myrtaceae أو في عدة مستـويات كما في الخـروع Ricinus. وفي العائلة Myrtaceae يكون الطلع زاهى اللون واضحا تماما، ويمثل عضوا جاذبا للحشرات كما في نبات فرشة الزجاج Callistemon حيث يتكـون عن الخيوط العديدة الطولية تركيب بنفسجى اللون يشبه الفرشة يكون طولها عدة مرات قدر طول التويج. ويزرع هذا النبات في الحدائق.

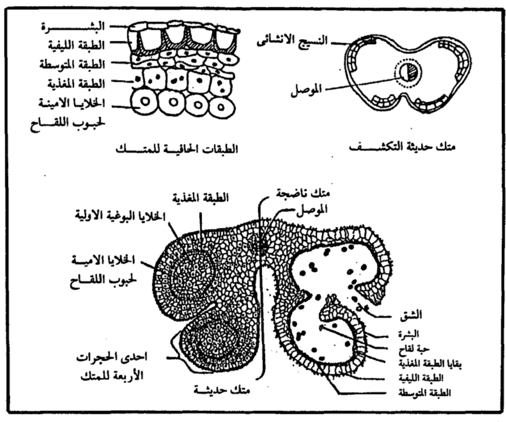
ويشـاهد على السطح الأمامى للمتك تجويف طولى يحدد موضع اتصال الفصين، ويكون عادة في مواجهة الكرابل. والسطح الظهرى هو الذي يتصل به خيط السداة.

تركيـب جـدار المتـك

تظهر بداية السداة في هيئة بزور مستدير الشكل على محور الزهرة، عادة كل بداية ينشأ عنها سداة واحدة وقليلا ما تنشطر البداية ويتكون عنها سداتين. ويتكشف المتك مبكرا خلال مراحل تكوين السداة، بينما يتأخر تكوين خيط السداة، ولهذا، فان البرعم الزهرى حديث التكوين يشاهد فيه المتك بينما لم يكن الخيط قد تكشف بعد. ولايوجد جدار خاص للكيس الجرثومى في المتك، وتمثل هذه الظاهرة احدى صفات مغطاة البذور.

يتركب جدار المتـك خلال تكـوين حبـوب اللقاح من البشرة، ثم الطبقة الليفية، فالـطبقـات الجـدارية، ثم الطبقة المغذية (شكل ١١٨). وتتركب البشرة Epidermis تتركب من صف واحد تتخللها بعض الثغور التي يحتمل أن تكون غير نشطة. قد تكون خلايا البشرة حلمية، وقـد تكسـوها شعور غزيرة. وتتميز بالبشرة خلايا صغيرة رقيقة الجدر على امتداد خط انفتاح المتك. وقد تتحطم خلايا البشرة قبل انفتاح المتك فوق مناطق معينة من السطح، ويبقى بعضها فوق موضع الحاجز بين كيسى حبوب اللقاح كما في الكازوارينا Casuarina والبروميا Peperomia حيث توجد بقايا من خلايا البشرة.

وتـتركب الـطبقـة الليفية Endothecium من صف واحـد من خلايا كبيرة، عديمة الـبروتوبلازم، تتميز بوجود تغلظات ثانوية في صورة أشرطة أو حلزونات تترسب على جدرها الداخلية غالبا. تتجه هذه التغلظات عموديا على خلايا البشرة، وهى ملجننة أو



(شكل ١١٨): ق. ع. في المتك قبل وبعد انفتاحها

مسـوبـرة. والـطبقة الليفية تكون غير موجودة في المتوك التي تنفتح بواسطة الثقوب أو المصـــاريع، وهى غائبــة أيضـا في بعض العـائـلات مثـل الأوركيدية Orchidaceae والعشـارية Asclepiadaceae والحـريقية Urticaceae التي يتكـون فيها جدار المتك من طبقة واحدة والنباتات المائية المغمورة غالبا. ولا تشبه خلايا الطبقة الليفية الألياف في النبات.

فالمحـور الطويل لخلايا الطبقة الليفية قد يكون موازيا لفتحة المتك كما في كثير من الأجناس مثل Silene من العائلة القرنفلية Caryophyllaceae و Plantago من العائلة Plantaginaceae أو عموديا عليها في أخرى مثل الكمثرى Pyrus. وتمثل الطبقة الليفية تركيبا ميكانيكيا له دور رئيسى في عملية انفتاح المتك.

وتـترتب الخـلايا الجـدارية Parietal cells في صف أو أكثر، رقيقة الجدر، تقع بين الطبقة الليفية والطبقة الداخلية المغذية، هذه الخلايا تتحطم بعد نضج حبوب اللقاح واختفاء الطبقة المغذية وقبل انفتاح المتك، وهى خلايا صغيرة الحجم، مفككة نوعا، بارنكيمية. ويصعب تمييز هذه الخلايا في المتوك الناضجة قبل انفتاحها.

والطبقة المغذية Tapetum عبارة عن طبقة من صف واحد من الخلايا تحيط بالخلايا الجرثـومية Sporogenous cells التي تتكـون منهـا حبـوب اللقاح. وتحيط هذه الطبقة بالكيس الجرثومى وتقوم بامداد حبوب اللقاح بالغذاء خلال مراحل تكوينها، وربما تبنى مادة الجدار الخارجى لحبة اللقاح في خلايا هذه الطبقة.

وكثـيرا ما تكـون الـطبقة المغذية غير منتظمة في محيطها أو سمكها، خلاياها كبيرة الحجم ذات جدر رقيقـة، غنية بالمحتـويات البروتوبلازمية الكثيفة، ذات نواة واحدة وأحيانا نواتين أو أكثر كما في الخس Lactuca.

ويوجـد طرازان من الطبقة المغذية؛ الأول غدى او افرازى والثانى أميبى. الطراز الغـدى Glandular أو الافـرازى Secreory خلاياه كثيفـة في محتـوياتها وتفرز محتويات بروتوبلازمية تحيط بالخلايا الأمية لحبوب اللقاح والحبوب الآخذة في التكوين لامدادها بالغذاء. والجدر الخلوية في هذا الطراز تتحطم أو تختفى بتكوين البلازموديوم.

أمـا الطراز الثاني الأميبى Ameboid tapetum يزداد فيه حجم بروتوبلازم الخلايا، ويتحرر من الجدر الخلوية اما بتحطم هذه الجدر أوينفذ من خلال الجدر المتكسرة. هذه الـبروتوبلازمات تمثل بلازموديوم غذائى Tapetal plasmodium يتوغل فيما بين الخلايا الأمية لحبـوب اللقـاح والجراثيم الصغيرة حيث يقوم بتغذيتها وبناء جدرها الخارجية، وأخيرا تمتص بقايا البلازموديوم ويستهلك.

وتنشـأ الـتراكـمات اللزجة التي تكسو حبوب اللقاح في الأزهار حشرية التلقيح من الـطبقـة المغذية. وفي أحد أنواع الطراز الأميبى، وهى أربعة طرز، ينشأ البلازموديوم متـأخرا وذلك بتكوين بروزات من بروتوبلازم خلايا الطبقة المغذية بين حبوب اللقاح قبـل استكمال نضجها، وتنتقل أنوية الخلايا في هذه البروزات اللسـانية Tongue-like والتي ترقد فيها هذه الحبوب. بعـد تكويـن الجـدار الخارجى لحبـة اللقـاح تتلاشـى بقايـا البروتوبلازمـات والأنويـة.

انفتـــاح المتـــك Anther Dehiscence

ينفتح المتك تلقائيا بعد أن يتم نضجه. وإذا كانت فتحة المتك التي تنتشر منها حبوب اللقاح في مواجهة المتاع كان الانفتاح داخليا Introse كما في البنفسج Viola أما اذا كان في مواجهة التويج اعتبر خارجيا Extrose كما في الماجنوليا Magnolia. وتنتشر حبوب اللقاح من المتك عن طريق فتحات طولية أو ثقوب أو مصاريع:

١ ــ **الانفتـاح الـطولى** Longitudinal Dehiscence قبـل أن ينفتـح المتك، يتلاشى الحـاجـز بين كيسى حبـوب اللقاح في كل فص متكى فيصبح مكونا من كيس

واحـد. وتقع منطقة الانفتاح في مواجهة هذا الحاجز على امتداد التجويف بين كيسى حبـوب اللقـاح (شكل ١١٨). وخلايا البشرة في منطقة الانفتاح تكون صغيرة جدا، ذات جدر رقيقة، سهلة التمزق مع نضج المتك، أحيانا تتحطم هذه الخلايا عند نضج المتك كما في الكنا Canna وكثير من نباتات العائلة المركبة، وقد تفقد كليا أو جزئيا كما في العنب Vitis. ومن ناحية أخرى، قد تصبح خلايا البشرة على جانبى خط الانفتاح جافة، جدرها سميكة كما في الطماطم Lycopersicon وقد تتكون شعور رقيقة من البشرة على جانبى خط الانفتاح تسهم في انتشار حبوب اللقاح.

والطبقة الليفية ذات أهمية رئيسية في عملية الانفتاح الطولى (شكل ١١٨). فعندما يتم نضج المتك، وتعرضه للجفاف، تفقد الطبقة الليفية جزءا من محتواها المائى الأمر الذي يؤدى الى انكماش خلاياها تجاه وسطها لعدم وجود تغلظات في الجدر الخارجية، وأخيرا تنثنى الجدر الخارجية وتنكمش. خلايا منطقة الانفتاح بين كيسى حبوب اللقاح لاتستطيع مقاومة الضغط الناشىء عن انكماش خلايا الـطبقـة الليفية فتتمزق وينفتح المتك طوليا. واستمرار جفاف المتك يؤدى الى انكـماش حواف الفتحة فتزداد اتساعا. هذا الانفتاح يحدث ابتداءا من قاعدة المتك حتى قمته.

٢ ــ **الانفتاح الثقبى** Poricidal Dehiscence وهذا النوع من الانفتاح يكون شائعا في العـائلة Ericaceae وبعض أنـواع الباذنجانية Solanaceae حيث يوجد ثقب أو أكثر عند قمة المتك، ونادرا ماتكون الثقوب عند قاعدة المتك. ويتكون الثقب نتيجـة لتحلل جدار المتـك في مساحة صغيرة مع انكماش في الخلايا المحيطة. ونادرا ما يحدث شق صغير في منطقة الثقب.

٣ ــ **الانفتاح المصراعى** Valvular Dehiscence : الفتحة التي تحدث في جدار المتك تترك جزءا من هذا الجدار في هيئة مصراع Valve يظل متصلا بالجزء العلوى من جدار المتك. وقد ينثنى المصراع الى الخارج أو الداخل حاملا معه حبوب اللقاح كما في بعض العائلات مثل Laurecea. وقد تبقى المصاريع لفترة متصلة بجدار المتك. ويختلف عدد المصاريع في المتك تبعا لنوع النبات. فمثلا، في زهرة القرفة توجد أربعة مصاريع بينما في زهرة الباربرى Barbery يوجد مصراع واحد صغير في المتك.

٤ ــ **الانفتاح المتفجر** Explosive Dehiscence : وتتصف به كثير من أجناس العائلة الحريقية Urticaceae.

حيث تتحـرر حبـوب اللقـاح بانفجار جدار كيس حبوب اللقاح، وربما نتيجة لانتفاخ داخلي أو ضغط حبوب اللقاح الآخذة في النضج على الجدار الرقيق.

وتتميز النباتات المائية المغمورة، غالبا، بأن جدار المتك فيها يتركب من صف واحد من الخلايا، ففي جنس Zostera يتركب جدار المتك من طبقتين من الخلايا. الطبقة الخارجية تمثل البشرة، خلاياها بارنكيمية، بينما الداخلية تكون خلاياها رفيعة ذات جدر سميكـة نوعـا لاتشـترك في عملية الانفتـاح. وانتفاخ عدد من الخلايا فوق الحاجز يؤدى الى انفجار المتك.

التركيب المورفولوجى لحبوب اللقاح

حبة اللقاح Pollen grain عبارة عن جهاز وحيد الخلية، خال من الكلوروفيل، لديه القدرة لاستخدام مكوناته الداخلية ووسط النمو الخارجى لانباتها ونمو أنبوبة اللقاح Pollen tube من الحبـة. هذا الجهـاز هو الـذي يحمـل الصفات الوراثية الذكرية الى الكيس الجنيني في البويضة داخل المبيض، ويشترك في عملية الاخصاب Fertilization ويحدث بداخلها العديد من العمليات الكيموحيوية المرتبطة بأنشطتها. وأنبوبة اللقاح عبارة عن جهاز مزود بجميع المواد اللازمة لنقل المشيجتين الذكريتين الى الكيس الجنينى.

وحبـة اللقاح ذات سيتوبلازم كثيف به مواد غذائية مخزونة في صورة حبيبية، ولهذا تظهـر عكـرة. ولقد أوضح التركيب الكيماوى لحبوب اللقاح أنها تحتوى على بروتينات تتراوح بين ٧ـ٢٦٪، ومـــواد كربـــوهيدراتية تتراوح بين ٢٤ـ٤٨٪ ودهـون تتراوح بين ١ـ٥ر١٤٪، وتبلغ الرطوبة فيها حوالى ٧ـ١٦٪. كما تحتوى حبة اللقاح على كميات وفيرة من الصـــوديوم والبـــوتـــاسيوم والكـالسيوم والفـوسفـور والمنجنيز، وأخـرى غيرهـا، والكاروتينويدات شائعة في حبوب اللقاح. وبروتينات حبوب اللقاح تحتوى على كميات وفيرة من الأحماض الأمينية الرئيسية مثل Arginine و Aspargine و Proline بالاضافة الى الانزيمات.

والمواد البروتينية في حبة اللقاح الناضجة تكون كافية، ويستفاد منها في بداية انباتها وتكوين أنبوبة اللقاح، وتسهم في الاستفادة من هذه المواد مجوعة كبيرة من الانزيمات.

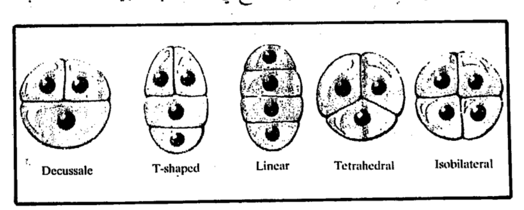
كما تحتوي حبة اللقاح على حويصلات بها مكونات جدار أنبوبة اللقاح، واتحاد هذه الحويصلات يسبب زيادة حجم الأنبوبة، كما أن التحامها مع الغشاء البلازمى يؤدى الى زيادة امتدادها.

ويتنـوع حجم حبـوب اللقـاح بدرجـة كبيرة، ويمكن أن تصنف تبعا للحجم الى

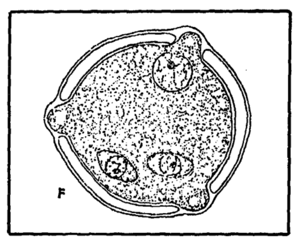
مجموعات: وصغيرة جدا قطرها أقل من عشرة ميكرون (شكل ١١٩)، صغيرة قطرها يتراوح بين ١٠ـ٢٥ ميكرون، ومتوسطة ٢٥ـ٥٠ ميكرون، وكبيرة ٥٠ـ١٠٠ ميكرون، وكبيرة جدا ١٠٠ـ٢٠٠ ميكرون، وضخمة يزيد قطرها عن ٢٠٠ ميكرون. كما توجد حبوب ضخمة في القرع Cucurbita (٢٣٠ ميكرون) وفي ورد الليل Mirabilis jalapa قطرها ٢٥٠ ميكرون.

وحبـوب اللقـاح دقيقية المـظهـر، غالبا صفراء اللون، في معظم الحالات، توجد الحبوب فرادى في كيس حبوب اللقاح. في بعض النباتات، كما في العائلة الخلنجية Ericaceae تنتشـر حبـوب اللقـاح في ربـاعيات Tetrads (شكـل ١١٩). وفي بعض الأجناس مثل السنط Acacia تتلاصق الرباعيات في مجموعات من ٦٤ حبة لقاح. وفي العائلة العشارية Asclepiadaceae تتجمع الحبوب لقاح الكيس في كتلة واحدة متماسكة مكونة مجموعة لقاحية واحدة Pollinium. في بعض أجناس العائلة الأوركيدية Or-chidaceae تكون المجموعة اللقاحية أقل تماسكا، وتضم مجموعات صغيرة من حبوب اللقـاح Massulae تترابط فيما بينها بخيوط تسمى Viscin threads. نادرا ما تنتشر حبوب اللقاح في أزواج.

ولقد سبقت الاشارة في الفصل الأول الى أن حبة اللقاح الناضجة، عند انتشارها من المتك تحتوى على خليتين مختلفتين في الحجم والشكل. الخلية الصغرى تسمى الخلية التنـاسلية Generative cell تكـون عادة عدسية الشكـل، ونـواتها ذات نوية صغيرة، والخلية الأخرى تسمى خلية الأنبوبة Tube cell كبيرة الحجم ذات نوية كبيرة تحتوى على نوية واضحـة (شكل ١٢٠). الخلية التناسلية عارية بدون جدار وترقد في سيتوبلازم خلية الأنبـوبـة. وقـد تنقسم النـواة التنـاسلية قبـل انتشار حبوب اللقاح فيتكون عنها مشيجتـين ذكريتين. ولقد وجد أن حبة اللقاح في العائلة البنفسجية Violaceae تنبت



(شكل ١١٩): بعض تجمعات حبوب اللقاح.



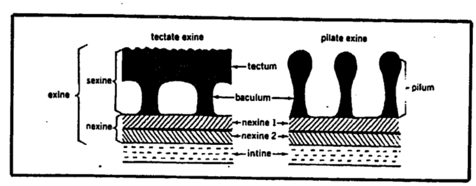
(شكل ١٢٠): حبة اللقاح عند الانتثار من المتك.

وهى لاتزال داخل أكياس حبوب اللقاح.

وحبة اللقاح الناضجة تكون محاطة بجدار رقيق يسمى الجدار الداخلى Intine وهذا الجـدار يوجـد في مغـطاة البـذور، ويحيط بمحتـويات حبـة اللقـاح. وهـو أملس، متجانس في السمك، وغير مكوتن، يتركب أساسا من السليلوز بالاضافة الى مركبات بكتينية وسكريات عديدة وبروتينات.

والجدار الداخلى يحيط به من الخارج جدار خارجى Exine (شكل ١٢١). والمكون الـرئيسى للجـدار الخـارجى مادة تسمى Sporopollenin تقوم الطبقة المغذية بتكوينها حيث تنتقـل بعـد ذلـك الى حبـوب اللقاح. ويختلف سمك جدارى الحبة تبعا لنوع النبات، فالجدار الخارجى أكثر سمكا من الداخلى. ويبلغ سمك الجدار الخارجى في القمـح ٣ر٤ ميكـرون بينـما الداخلى ٣ ميكرون، وفي الجوز Juglans يكون الخارجى حوالى ١٠ ميكـرون بينـما يتراوح الـداخلى بين ٢ر٩-٨ر٩ ميكرون. والجدار الخارجى طويل البقـاء، فقد وجدت أمثاله في حفريات صخور الحقب الباليوزى الذي استمر حوالى ٣٦٨ مليون سنة، وانتهى منذ حوالى ١١٥ مليون سنة.

والجدار الخارجى Exine لحبة اللقاح يتركب من طبقتين، خارجية تسمى Extexine وأخرى داخلية تسمى Endexine (شكل ١٢١). والطبقة الداخلية تحيط تماما بالجدار الـداخـلي Intine. وهى عبارة عن غشاء متجانس، أملس، بينما الطبقة الخارجية لهذا الجدار، في معظم مغطاة البذور، تكون مبرقشة أو مزخرفة نتيجة لوجود حبيبات في هيئة أشرطة عصوية قصيرة تسمى Bacula ذات رؤس منتفخة، وقد تكون منفردة أو متجمعة في مجمـوعات. في كثير من النباتات، تلتحم الرؤس المنتفخة معا وتتسع جانبيا مكونة



(شكل ١٢١): التركيب الدقيق لجدار حبة اللقاح في مغطاة البذور

غشاء في هيئة سقف يسمى Tectum يكون مزخرفا في صور مختلفة. تتميز الباكيولا Bacula التي يتكون منها الطبقة الخارجية للجدار الخارجى باحتوائها على مادة Sporopolleinin.

وفي معـظم حبـوب اللقـاح، توجد بالجدار الخارجى فتحات رقيقة تمر من خلالها أنابيب اللقاح. وتصنف هذه الفتحات الى ثقوب Apertures وأخاديد Furrows.

الثقوب عبارة عن مساحات صغيرة رقيقة. وتوجد عادة في الأخاديد، ثقب واحد في كل أخدود، ومع هذا، قد تخلو بعض الأخاديد من الثقوب في نفس حبة اللقاح. وقد توجـد الثقـوب في المنـاطق الأكثـر سمكـا في جدار الحبة. والأخدود عبارة عن منطقة متطاولة، زورقية الشكل، والجدار فيها رقيق ومرن.

ويختلف عدد وترتيب الأخاديد والثقوب تبعا لنوع النبات، كما يختلف أيضا امتداد الأخدود على سطح حبة اللقاح. وفي معظم الحالات توجد ثلاثة أخاديد في حبوب لقاح ذوات الفلقتين، بينما يوجد أخدود واحد في معظم ذوات الفلقة الواحدة. وفي كثير من حبـوب اللقـاح، تغطى فتحة الثقب بغطاء سميك Operculum في هيئة قرص يسقط تحت ضغط انبوبة اللقاح عند خروجها من حبة اللقاح كما في العائلة القرعية -Cucur bitaceae في حالة الأخدود يكون الغطاء في هيئة شريط.

والـطبقـة الخارجية للجدار الخارجى Sexine تكون مبرقشة نوعا في منطقة الثقب، وتكـون البـاكيولا Bacula قصـيرة. والطبقة الداخلية Endexine (Nexine) تكون أكثر سمكا في هذه المنطقة عن بقية جدار الخلية.

طرز حبوب اللقــاح

يوجـد طرازان رئيسيان لحبوب اللقاح، هما أحادية الأخدود Monocoplate وثلاثية الأخدود Tricoplate . الحبة أحادية الأخدود تكون متطاولة أو مستديرة، ويبدو أن هذا

الطراز بدائى وتتميز به حبوب لقاح النباتات ذات الفلقة الواحدة ومعظم عائلات الرتبة الشقيقية Ranales لاسيما العـائلات الشجرية مثل الماجنولية Magnoliaceae كما توجد أيضا في العائلة الفلفلية Piperaceae.

وتـوجـد حبـوب اللقاح ثلاثية الأخدود في ذوات الفلقتين، ومع هذا، فان حبوب اللقـاح في العـائلة البشنينية Nymphaeceae تتميز بأنها ذات أخـدود واحـد في بعض الأجناس، وفي غيرها تكون ثلاثية الأخاديد.

وتـوجـد طرز أخـرى مثـل عديمـة الأخدود Acoplate وثنائية الأخدود Dicoplate وعديدة الأخاديد Polycoplate.

وتتركز الصفات الأساسية لحبوب اللقاح في عدد وموضع الأخاديد، وشكل وموضع الثقوب، بالاضافة الى الصور السطحية في الجدار الخارجى. وتمثل الصور السطحية أو الـزخـرفـة الظاهرية لحبة اللقاح في معظم الحالات وسائل عديدة للتعرف على حبوب اللقاح. وقد توجد أشواك صغيرة وغيرها من الزوائد على سطوح حبوب اللقاح.

وتـرجـع الصـور السـطحية أو الـزخرفة السطحية لحبة اللقاح إلى الترتيب الخاص للأشرطة القصيرة الشعاعية والحبيبية Bacula التي توجد على سطح الجدار الخارجى لحبة اللقـاح. وقـد تكـون عنـاصر الصـور السطحية في هيئة شبكة Reticulate أو مخططة بالتـوازى Steriate أو صوجـانية الشكـل Clavate اذا كان ارتفـاع عنـاصـر الصـورة السطحية أكبـر مـن قطرهـــا.

وحبوب اللقاح بيضاوية الشكل شائعة بين ذوات الفلقة الواحدة أكثر منها في ذوات الفلقتـين، غير أن هذه ليست صفـة مميزة بين المجموعتين. وحبوب اللقاح في الوحدة الـربـاعية Tetrad تترتب عادة في مستوى واحد في ذوات الفلقة الواحدة بينها في ذوات الفلقتين يكون رباعى الجوانب. كما أن حبوب ذوات الفلقة الواحدة ذات ثقب واحد بينـما ذوات الفلقتين تكون عادة حبوبها ذات ثلاثة ثقوب. ورغم هذه الصفات المميزة لحبوب ذوات الفلقة الواحدة والفلقتين فان هناك حالات استثنائية. فحبوب لقاح ذوات الفلقتين ذات الثقب الواحد توجد في العائلة الفلفلية Piperaceae وفي الأنواع الشجرية في عائـلات الـرتبـة الشقيقية Ranales. في العائلة البشنينية Nymphaeaceae يوجد في حبوب لقاح بعض أجناسها ثقب واحد وغيرها ذات ثلاثة ثقوب. كما توجد أيضا حبوب لقاح ذات أربعة ثقوب.

والثقوب متنوعة في العدد بالجدار الخارجى للحبة، وهى مختلفة في حجومها وأشكالها وتعتـبر مميزة لنـوع النبـات. فإذا كان عدد ثقـوب الحبة ضئيلا، فانها توجد في المنطقة الوسطى من الحبة، أما اذا كان العدد كبيرا، فان الثقوب توجد موزعة على سطح حبة

اللقاح. وأحيانا، يوجد ثقب مستدير في وسط الأخدود المتطاول كما في الدخان Nicotiana. وحبـوب لقـاح جنس Zostera من النبـاتـات المائية، خيطية الشكل يخلو جدارها من مادة Sporopollenin وهذه الصفات تتوافق مع طريقة التلقيح بواسطة الماء. أما حبوب لقاح النباتات التي تتلقح بالهواء فتكون جافة وناعمة.

وتتميز النباتات هوائية التلقيح Anomophilous بأن حبوب اللقاح تنتج فيها بكميات ضخمة، وتنتشر الغالبية العظمى منها في البيئة المحيطة. فمثلا، متك واحد من نبات القنب Cannabis يحتوى على حوالى سبعون ألف حبة لقاح، وفرع واحد من هذا النبات ينتج أكثر من ٥٠٠ مليون حبة، بينما نبات مذكر من جنس الحماض Rumex ينتج ٤٠٠ مليون حبة. ولقد وجد أن حقل ذرة Zea ينتج منه حوالى ٧٠ مليون حبة لقاح في المتر المربع الواحد. كما أن أشجار الغابات تنتج كميات هائلة من حبوب اللقاح، فشجرة الزان Fagus مثلا، ينتج من فرع واحد منها حوالى ٢٨ مليون حبة، بينما فرع البلوط Quercus ينتج حوالى ١٠٠ مليون حبة.

المتـــــاع Gynoecium

المتاع يمثل المحيط الرابع للزهرة الكاملة. والكربلة Carpel هى الوحدة الأساسية للمتاع في مغطاة البذور. يتراوح عدد الكرابل في المتاع بين كربلة واحدة وعديد منها. وقد تكون الكرابل منفصلة عن بعضها فيسمى المتاع سائب الكرابل Apocarpous أو تكـون ملتحمـة بدرجـات مختلفـة فيسمى ملتحم الكـرابـل Syncarpous. ويبـدو أن تطورالتعقيد الـتركيبي قد حدث من الـترتيب الحلزونى للكـرابل على محور الزهرة الى الترتيب السوارى، ومن منفصل الكرابل الى ملتحمها، ومن عديد الكرابل الى كربلة واحدة.

وتتركب الكربلة النموذجية من جزء قاعدى منتفخ يسمى المبيض Ovary يعلوه جزء أسطوانى الشكل عادة يسمى القلم Style ينتهى طرفه بجزء متخصص يسمى الميسم Stigma. ويحتوى المبيض في مغطاة البذور على بويضة واحدة أو عديد منها، وبذلك فان البويضات تكون محاطة بجدار الكربلة.

والكربلة في بعض أنواع العائلة الشقيقية الخشبية تكون بسيطة لايتميز فيها مبيض أو قلم أو ميسم، حيث تحمل البويضات داخل تركيب متطاول مجوف ينشأ من تقارب حافتى الـورقـة الكـربلية بدرجة كبيرة، وليس نتيجة لالتحام خلوى، ويتم غلق هذا التركيب بتداخل نموات حلمية من الحافتين، تاركة فتحة ضيقة جدا. وفي جنس -De generia تمتـلىء الفتحة الضيقة بين الحافتين بشعور غالقة تتميز في هيئة خط بارز على

طول امتداد الحافة تمثل سطحا ميسميا Stigmatic crest.

هذا النـوع من الكـرابـل ازداد في التعقيد الـتركيبي تدريجيا حتى تكـوين الكرابل الحالية، وحدث التحام بين كربلتين أو أكثر في زهرة واحدة. وقد تلتحم حواف الكرابل جانبيا ليتكون عنها مبيض وحيد المسكن Unilocular ovary. فإذا التحمت جدر الكرابل في مركـز المبيض كان عدد المسـاكن مسـاويا لعـدد الكرابل الملتحمة. وتوجد حالات يختلف فيها تركيب المبيض عما سبق. فمثلا، في العائلة الصليبية Brassicaceae يتركب المتاع من كربلتين ملتحمتين، والمبيض ذو مسكنين Bilocular نتيجة لتكوين حاجز Septum ينشأ من تحت الزهرة عند قاعدة المبيض وعلى طول امتداده. والتحام الكرابل ليس دائما على طول امتـداد الكـربلة شاملا المبايض والأقلام والمياسم، فقد تلتحم قواعد الكرابل فقط بينما تبقى الأقلام سائبة فيبدو المتاع كأنه سائب الكرابل كما في Butomus و Aquillegia. ونادرا تلتحم المياسم فقط كما في العائلة العشارية Asclepiadaceae. في عائـلات اخـرى مثل الباذنجانية Solanaceae تلتحم الأقلام والمياسم معا، وفي زهرة البلارجونيوم Pelargonium تلتحم المبايض والأقلام معا بينما تبقى المياسم سائبة، وقد يكون التحام الكرابل كاملا كما في زهرة الموالح Citrus.

ويرتبط عدد الكـرابـل الملتحمة كثيرا بشكل الميسم حيث يدل عليه عدد فصوص الميسم كما في العـائلة الصليبية Brassicaceae ومـع هذا، أحيانا يكون ميسم الكربلة السـائبـة بسيطا أو مفصصـا، كما أن عدد فصـوص الميسم يكـون كثيرا أقل من عدد الكرابل. والمياسم الكروية أو الأسطوانية قد لاتعطى دليلا على عدد الكرابل الملتحمة.

وخلال مراحل التعقيد التركيبي في مغطاة البذور، اختزل عدد الكرابل سواء في المتاع السائب أو الملتحم، من عدد كثير الى عدد أقل تدريجيا حتى كربلة واحدة. والكربلة الأثرية تكون عقيمة، مصمته كليا أو جزئيا، تشاهد في هيئة بروزات على جوانب جدار المبيض، والكربلة الأثرية أو العقيمة قد تمثل بحزمة وعائية في جدار المبيض، أو خطوط بارزة على هذا الجدار.

والاختزال في عدد الكرابل يكون واضحا، فمثلا، في جنس العايق Delphinium من العائلة الشقيقية، حيث يوجد ٣-٥ كرابل في الأنواع المعمرة بينما توجد كربلة واحدة في الأنواع الحولية. وفي العائلة الوردية Rosaceae يتميز جنس Prunus بوجود كربلة واحدة بالاضـافـة الى كربلة أو كربتلين عقيمتـين. ويكون عدد الأقلام معبرا كثيرا عن عدد الكـرابل الملتحمة كما في العائلة القرنفلية، ومع هذا، فإن عدد الاقلام والمياسم ليس معبرا دائما عن عدد الكرابل التي يتألف منها متاع الزهرة. والتركيب الداخلى للمبيض هو الذي يدل على عدد الكرابل الملتحمة.

المبيـــــض Ovary

المبيض هو جزء الكـربلة الـذي يحتـوى على البـويضات. وجود البويضات محاطة بجدار المبيض يمثل احدى الصفات التي تتميز بها مغطاة البذور عن غيرها من النباتات البذرية الأخرى.

وسـطح المبيض من الخـارج قد يكـون ناعـما أو تنمو عليه زوائد متنوعة في الشكل والتركيب، وقد توجد عليه ضلوع أو بروزات تحدد عدد الكرابل التي يتكون منها المتاع ملتحم الكرابل.

واذا احتـوى المبيض على مسكن واحـد يسمى وحيد المسكن Unilocular ويسمى ثنـائي المسكن Bilocular اذا احتـوى على مسكنـين، وثـلاثي المسكن Trilocular اذا احتوى على ثلاث مساكن، وعديد المساكن Multilocular اذا تعددت المساكن.

المبيض وحيد المسكن قد ينشأ عن كربلة واحدة كما في العائلة الفراشية Fabaceae وعديد من أنواع العائلة الشقيقية Ranunculaceae أو ينشأ عن التحام كربلتين أو اكثر اذا كان الالتحام عند حافاتها دون أن يتكون حواجز عبر تجويف المبيض، كما في العائلة البنفسجية Violaceae. المبيض في هذه العـائلة يتركب من اتحاد ثلاث كرابل، وتنتهى بقلم طرفى وميسم متنوع في شكله. وتتصل البويضات عند الحواف الملتحمة. واذا كان التحام حواف الكرابل في وسط المبيض كان عدد المساكن مساويا لعدد الكرابل. فمثلا، في العـائلة الخيمية Apiaceae يتركب المبيض من كربلتـين ملتحمتـين وبـه مسكنين، وينتهى بقلمين، وفي العائلة الكتانية Linaceae يتركب المبيض من التحام خمس كرابل ويحتـوى على خمسـة مساكن، غير أن كل منها ينقسم جزئيا بفاصل جدارى غير كامل لايمتد حتى المركز.

واذا كانت الكرابل غير ملتحمة أى سائبة عرف المتاع بأنه سائب الكرابل Apocarpous أمـا اذا التحمت معـا كليا أو جزئيا كان المتـاع ملتحم الكرابل Syncarpous. وقد يتركب المتاع السائب من كربلة واحدة كما في العائلة البقولية وجنسى Euphorbia و Najas أو أكثر من كربلة كما في الورد Rosa والفراولة Fragaria. والمتاع ملتحم الكرابل، قد تلتحم فيه المبيض فقط، أو المبايض والأقلام. وعادة يتفق عدد المساكن في المبيض ملتحم الكرابل مع عدد الكرابل الداخلة في تركيبه، ومع هذا، قد تكون الكرابل في هذه الحـالة ملتحمة على امتداد حافتها مما ينتج عنها مبيض وحيد المسكن الأمر الذي لايتفق مع عدد الكرابل.

وفي المتـاع السائب، يكون لكل كربلة قلم واحد، بينما في المتاع الملتحم قد تتحد

الأقلام معا في طرز مختلفة. فمثلا، في عائلة نبات الشاى Theaceae وعائلة Hypericaceae تلتحم المبـايض عنـد قواعـدها بينما تبقى الاقلام سائبة، وفي العائلة البـاذنجـانية Solanaceae تكون الأقلام والمياسم ملتحمة كليا بالاضافة الى المبايض. ومن ناحية أخرى، قد يكون عدد المساكن في المبيض ملتحم الكرابل ليس مماثلا لعدد الكرابل نظرا لوجود حواجز كاذبة لم تتكون من اتحاد جدارى كربلتين متجاورتين، وانما تكونت من نمو جزء من المبيض أو محور الزهرة كما في العائلة الصليبية Brassicaceae. وكثيرا ما تمثل الأقلام السائبة والمياسم جزءا متميزا من المتاع ملتحم الكرابل.

والالتحام بين المبايض فقط يكون شائعا، أما التحام المياسم فقط فهو نادر الحدوث كما في العائلات Asclepiadaceae و Rutaceae.

والأقـلام والمياسم السائبة يتكون عنها جزء متميز في المتاع ملتحم الكرابل. وكثيرا يكــون شكـــل الميسم في الكـــرابــل الملتحمــة يدل على عدد المياسم الملتحمــة، كما يمكن الاستـدلال كثيرا على عدد الكرابل الملتحمة من عدد فصوص الميسم المركب. ومع هذا، يكون الميسم أحيانا مفصصا أو بسيطا في الكربلة السائبة، وفي المتاع مختزل الكرابل فان عدد المياسم يكون عادة أقل من عدد الكرابل الموجودة في الزهرة. بالاضافة الى ماتقدم، ففى كثير من النباتات، فان عدد المياسم أو عدد فصوصها لايكون مرتبطا بعـدد الكـرابـل. وتعتـبر الأدلـة المستمدة عن النشأة، والتركيب الوعائى، والتركيب التشريحى للمبيض تعتبر أساسية في تحديد عدد الكرابل.

التركيب التشريحى للمبيــض

يتركب المبيض في مرحلة التـزهـير من بشرة خارجية بها ثغـور وتكسـوهـا أدمة من الكيوتين، وأخرى داخلية. ويوجد بين البشرتين نسيج أساسى من خلايا بارنكيمية. عادة يحتـوى هذا النسيج على ثلاث حزم وعـائية، احـداها وسطية أو ظهرية Dorsal واثنتـان حافيتـان Marginal أو بطنيتـان Ventral. وأحيانا، توجد خمس حزم وعائية في المبيض، وفي هذه الحالة توجد حزم وعائية على كل من جانبى الحزمة الظهرية وتسميان بالحزم الجانبية Lateral bundles.

وقد توجد بلورات في خلايا النسيج الأساسى عند تحول المبيض الى ثمرة، تحدث في جداره تغيرات نسيجية متنوعة.

القلم والميســـم Style and Stigma

سبقت الاشارة الى أن الكربلة في المتاع منفصل الكرابل يكون لها قلم واحد بينما في المتـاع ملتحم الكـرابـل، فان أقـلام الكـرابل تأخذ صورا مختلفة. وفي الأزهار عالية

التخصص، تلتحم الكرابل التحاما كاملا، شاملا المبايض والأقلام والمياسم ليتكون مبيض واحد، وقلم وميســم .

والميسم Stigma والقلم Style يتميزان بصفـات تركيبية وفيسيولـوجية تهيىء وسـطا صالحا لانبات حبة اللقاح ونمو أنبوبة اللقاح حتى تصل البويضة في المبيض . والميسم يمثل الجزء الطرفى من الكربلة تحور في شكله وتركيبه لاستقبال وانبات حبوب اللقاح . واذا لم يكن التحام الكرابل كاملا، فان الميسم والقلم يكونان منفصلان . ولا يعبر عدد الأقلام والمياسم دائما عن عدد الكرابل الملتحمة .

والبشرة Epidermis في الميسم تكــون غدية Glandular خلاياهــا ذات محتــويات بروتوبلازمية كثيفة، تكسوها طبقة أدمة رقيقة . وعادة تكون خلايا البشرة في هيئة حلمات Papillae تفرز سائلا ميسميا يكون غنيا بالسكريات والأحماض الأمينية . وأحيانا يوجد تحت البشرة نسيج غدى من بضع طبقات، يقوم مقام البشرة الغدية، كما في الفاصوليا Phaseolus والترمس Lupinus والخشخاش Papaver. وقد تنشأ عن خلايا البشرة شعور قصيرة أو طويلة، غير متفرعة، أو متفرعة عديدة الخلايا . والمياسم الريشية Plumose stigmas في أزهار غالبية النباتات النجيلية ذات أفرع عديدة، رقيقة تتركب من خلايا حلمية تحيط بعنصر وعاء أولى . وميسم الزهرة يماثل غدة رحيقية في التركيب والوظيفة .

وحبوب اللقاح التى تسقط على الميسم، تتراكم بين الخلايا البارزة أو على سطوحها حيث تلتصق بجدرها الخشنة أو بالمواد اللزجة التي تفرزها خلايا البشرة أو الشعور.

ومن الصفات البارزة في الكربلة أن الميسم يكون متصلا بالجزء الداخلى من المبيض بنسيج يماثل في تركيبه النسيج الغدى للميسم، ويمثل وسطا ييسر مرور أنبوبة اللقاح في القلم ويمدها بالغذاء . هذا النسيج يسمى النسيج الموصل Transmitting tissue.

والقلم Style هو جزء الكـربلة الـذي يصـل الميسم بالمبيض، وهو عادة أسطوانى الشكل، يختلف طوله من زهرة الى أخرى تبعا للنوع، وقد يختزل القلم ويصبح الميسم جالسا، كما في جنس الخشخاش Papaver. ففي زهرة نبات الخشخاش، يتركب المبيض من ٤-١٦ كربلة، يعلوه قرص مخروطى يتألف من التحام عدة مياسم شعاعية . واحيانا يتفلطح القلم ويصبح بتليا . وقد تلتحم الأقلام فتبقى المياسم سائبة، وقد يتفرع القلم الى فرعين أو فصين كما في العائلة السوسبية Euphorbiaceae. والمياسم قد تكون عريضة أو مجزأة الى أجزاء خيطية، وفي العائلة Asclepiadaceae تتحد الأسدية مع القلم فيتكون تركيب يسمى Gynostegium.

وقـد تكـون الأقـلام مصمتـة أو مجوفة تتميز بوجود قناة تمتد بطولها . والمتاع ملتحم

الكرابل قد يوجد به قناة واحدة للقلم كما في جنس Viola أو يوجد قناة لكل قلم. النسيج الموصل الذي يبطن القناة يماثل النسيج الغدى في الميسم، وقد تكون خلاياه حلمية. هذا النسيج، يبطن قناة القلم كليا أو يوجد في هيئة أشرطة تمتد طوليا في مناطق معينة منها. وفي الأقلام المصمتة، والتي توجد في معظم مغطاة البذور، يوجد النسيج الموصل في هيئة أشرطة تمتد طوليا في النسيج الأساسى للقلم أو مصاحبا للحزم الوعائية يتركب من خلايا متطاولة غنية بالمحتويات البروتوبلازمية. ويوجد النسيج الموصل على المشيمة Placenta وقد يمتد فوق الحبل السرى. ويتميز النسيج الموصل الذي يبطن قناة القلم بأن خلاياه الداخلية حول القناة تكوسها طبقة من الكيوتين. وأحيانا، يوجد على الجانب الداخلى الملاصق للقناة، طبقة سميكة من بروزات جدارية. وفي كثير من النباتات مثل القرع Cucurbita والداتورا Datura يكون النسيج الموصل عديد الطبقات. وفي الأقلام المجوفة، تنمو أنابيب حبوب اللقاح بين حلمات النسيج الموصل، واذا لم تكن موجودة، تنمو على الجدر الخارجية لخلايا البشرة. وأحيانا، قد تتعمق أنابيب اللقاح في النسيج المـوصـل وتنمـو بين الخـلايا. وفي الأقلام المصمتة تنمو أنابيب اللقاح فيما بين خلايا النسيج الموصل.

ويوجد على الميسم في النجيليات، شعور عديدة الخلايا طولية، تتركب الواحدة من بضعة صفوف طولية. وتمر أنبوبة اللقاح بين الصفوف الداخلية لهذه الشعور ومنها الى نسيج الموصل في القلم.

وفي كثير من النباتات، تتلاشى طبقة الأدمة التي تكسو جدر خلايا النسيج الموصل قبل التلقيح. وقبل أن تخترق انابيب اللقاح النسيج الموصل، تنتفخ جدر خلاياه وتصبح طرية مخاطية، فيضعف الاتصـال فيما بينها، وتمر من خلالها أنابيب اللقاح والتي تقوم أيضا بهضم هذه الجدر. وأوضحت الأدلة ان أنابيب اللقاح تحتوى على انزيمات تقوم بتحلل المـواد البكتينية في الجـدر الخلوية. وتستفيد كثيرا أنابيب اللقاح من بروتوبلازم خلايا النسيج الموصل، ومع هذا، قد يتقلص البروتوبلازم ويموت.

بالاضافة الى النسيج الموصل والحزم والوعائية في القلم فان النسيج الأساسى يتركب من خلايا بارنكيمية رقيقة الجدر، تكسوها بشرة خارجية مكوتنة أحيانا تحتوى على ثغور. والنسيج الوعائى في الموصل عبارة عن امتدادات من الحزم الوعائية في المبيض.

وتصـل أنبـوبة اللقاح الى الكيس الجنينى في البويضة عادة عن طريق النقير، وقد تدخل غن طريق الكلازا بعد أن تعبر المشيمة والحبل السرى. وقد تدخل الأنبوبة أيضا من أحد جوانب البويضة بعيدا عن النقير أو الكلازا.

وفي عائلة شجرة التامول Betulaceae يكون الميسمان الطويلان فقط قد تكشفا عند

التلقيح ولهذا، تبقى أنبوبة اللقاح ساكنة في القلم لعدة أشهر حتى يتم تكوين المبيض والبويضات، وعندئذ تستأنف نموها وتدخل تجويف المبيض ومنه الى المشيمة ثم الحبل السرى والراقى حيث تدخل الى النيوسيلة عن طريق الكلازا.

وفي العـائلة الكازوارينية Casuarinaceae تنضج المياسم أيضا قبل أن يبدأ المبيض والبويضات في التكشف. والكيس الجنيني يمتد في هيئة ذيل Caecum تجاه الكلازا وقد يخترقها. ثم تدخل أنبوبة اللقاح الى البويضة عن طريق الكلازا عابرة هذا الذيل، وقد تتفرع الأنبوبة قبل دخولها الى الكلازا.

الجهاز الوعائى في الزهـرة

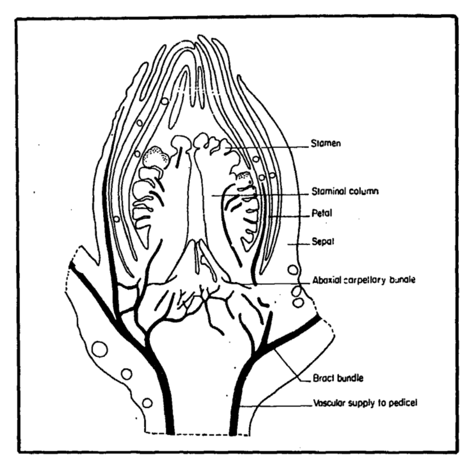
إن دراسـة الـتركيب الـوعـائى للزهـرة يسهم في ايضـاح العلاقات بين النباتات، بالاضافة الى إظهار الطبيعة المورفولوجية لأجزاء الزهرة.

والتركيب التشريحى لعنق الزهرة يكون مشابها لنظيره في الساق، والأسطوانة الوعائية قد تكون كاملة أو مجزأة.

الجهاز الوعائى في تخت الزهـــرة

الأسطوانة الوعائية في التخت، تعتبر المركز الخاص بالتركيب الوعائى لأجزاء الزهرة، حيث تمر منها الحزم الوعائية الى هذه الأجزاء (شكل ١٢٢). فالحزم الوعائية والفجوات الناتجة عنها تجزىء الأسطوانة الوعائية الى تركيب شبكى من هذه الحزم. والحزم الوعائية التي تترك التخت الى أعضـاء الـزهـرة تكون مرتبة سواريا أو حلزونيا تبعا لترتيب هذه الأعضاء على التخت. وعدد الحزم الوعائية التي تدخل أعضاء الزهرة المختلفة تتنوع في نفس الزهرة. كما أن عدد الحزم الوعائية التي تدخل السبلة في الكأس يكون فيها حزمة وعائية واحدة، وفي بعض العائلات قد توجد ثلاث حزم أو أكثر. ويتكون جهاز معقد من الحزم الوعائية داخل كل من السبلة والبتلة.

والسداة، بصفة عامة، يدخلها حزمة وعائية واحدة، وتستمر كحزمة وعائية داخل خيط السداة والموصل، غير أنه في بعض نباتات الرتبة الشقيقية Ranales وعدد قليل من العائلات الأخرى مثل الموزية Musaceae وعائلة نبات الغار Lauraceae تعبر ثلاث حزم وعائية الى كل سداة. والكربلة، قد يعبر لها حزمة وعائية واحدة، أو ثلاث أو خمس، وأحيانا أكثر. وطراز الحزم الثلاث هو الشائع وأحيانا الخمس حزم وتترك الحزمة الوسطى الأسطوانة الوعائية للتخت في مستوى أدنى من الأخرى، وتسمى الحزمة الظهرية Dorsal وهى تناظر حزمة العرق الوسطى للورقة، الحزمتان الباقيتان تسميان الحزم الحافية Marginal bundles. وقـد تتفـرع هذه الحزم في الكربلة. وتزود البويضات بفروع من



(شكل ١٢٢): قطاع طولى في برعم زهرى لنبات القطن مبينا الاتصال الوعائي للأعضاء الزهرية المختلفة.

النسيج الـوعـائى للكـربلة، وعادة من الحزم الحافية أو من فروع لها، والتي توجد في المشيمة. وحزمة البويضة رقيقة وتصل الى منطقة الكلازا، غير أنها لاتدخل النيوسيلة. في بعض الأجناس تصل أفرع منها الى غلاف أو غلافى البويضة.

واذا التحمت الكـرابـل يتكـون عنها متاع ملتحم الكرابل، وتصبح الحزم الحافية جانبية بالنسبـة للحـزمـة الظهرية. اذا كانت جافات الكرابل الملتحمة مطوية بحيث تتقابل وسط المبيض، فان هذه الحزم تصبح مقلوبة، لحاؤها يتجه ناحية المسكن Locule في المبيض بينما يكون الخشب تجاه الخارج. أما اذا وجد أكثر من ثلاث حزم في الكربلة، فإن الحزم الزائدة توجد بين الحزم الظهرية والحافية وتسمى الحزم الجانبية Lateral bundles.

وتـركيب الأسـطوانة الوعائية في التخت، والجهاز الوعائى في أعضاء الزهرة يكون معقـــدا، ويزداد تعقيدا فـي الأعضـاء ذات الأجـزاء الملتحمـة ، أو التحـام أجـزاء المحيطات المتجاورة.

الوضــع المشيمـــى PLACENTATION

تنشأ البويضة من المشيمة Placenta بداخل المبيض وتنشأ بداية البويضة عن طريق الانقسـام المـماسى Periclinical division للخـلايا التي توجـد تحت الـطبقة السطحية للمشيمـة، وتـظهـر في أول الأمـر كبروز مخروطى الشكل قمته مستديرة. وباستمرار عمليات الانقسام والنمو تتكشف أجزاء البويضة.

والمشيمة Placenta هى جزء داخلى في جدار المبيض تتصل به البويضة. وتعرف طرز توزيع المشـائم في المبيض بالـوضـع المشيمى Placentation (شكـل ١٢٣). والـطرز الشائعة للوضع المشيمى هى:

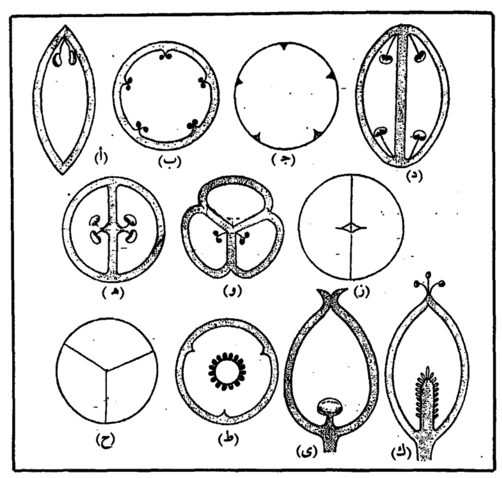
١ - حافـى Marginal: والمتـاع يكـون بسيطا Simple يتكون من كربلة واحدة وتوجد البويضات على البروز البطنى Ventral structure الناتج عن التحام حافتى الكربلة.

وينظر الى هذا النوع من الكرابل بأنه بدائى التركيب Primitive كما في العائلة الشقيقية.

٢ - جدارى Parietal: والمبيض، في هذا الطراز، يكون مركبا غير أنه يحتوى على مسكن واحد، نظرا لالتحام الكرابل عند حوافها المتجاورة. وتوجد البويضات مرتبة في صفوف على المشائم التي توجد على جدار المبيض إما على حواف الكرابل الملتحمة أو على بروزات، أو حواجز ناقصة ونامية من جدار المبيض وممتدة في تجويفه دون أن تلتقى في المركز، وهذا الطراز يعتبر أيضا بدائيا في التركيب.

٣ - محـورى Axile: ويوجد في المتاع ملتحم الكرابل. حيث تنطوى حافتى كل كربلة بمفردها وتتجمع كلها وتمتد نحو مركز المبيض فينشأ محور وسطى من التحام هذه الحـواف. وتبعـا لذلك يصبح المبيض مقسما الى عدد من المساكن يكون مساويا لعدد الكـرابل. وتوجد المشائم على امتداد المحور المركزى للمبيض في الأركان الناشئة عن التحام حافات الكرابل. وهذا الطراز بدائى التركيب وربما اشتق منه المركزى السائب والقمى والقاعدى. وفي العائلة القرنفلية Caryophyllaceae يوجد في أجناسها طرازان للوضع المشيمى، أحدهما المحورى والبعض الآخر مركزى سائب، وأحيانا توجد هذه الظاهرة في نفس الجنس كما في Lychnis.

٤ - مركـزى سائب Free Central: ويوجد هذا الطراز في المبيض المركب، وهو مشتق من الـوضع المشيمى المحورى ببقاء المحور المركزى واختفاء الحواجز Septa. في بعض الأجنـاس مثـل Primula يتركب المحور الذي تحمل عليه البويضات من نسيج



(شكل ١٢٣): الأوضاع المشيمية.

أ - ق. ع. في متاع بسيط.
ب، جـ - وضع مشيمى جدارى ذو خمس كرابل.
د - وضع مشيمي جدارى ذو كربلتين.
هـ، ز - وضع مشيمى محورى ذو كربلتين.
و، ح - وضع مشيمي محورى ذو ثلاث كرابل.
ط، ك - وضع مشيمى مركزى سائب.
ى - وضع مشيمي قاعدى.

كربلى يمتد في وسطه نسيج من الأسطوانة الوعائية لعنق الزهرة. المبيض في هذا الطراز يحتوى على مسكن واحد. هذا العمود يكون قصيرا سميكا لايتصل بالجزء العلوى من المبيض أو جوانبه، وإنما يظل سائبا.

٥ - القمـــى Apical : ويتركب المبيض من كربلة واحدة أو أكثر. هذا المبيض قد يكـون أحـادى المسكن أو يحتـوى على أكثر من مسكن. توجد المشيمشة عند قمة المسكن يتصل بها بويضة واحدة، كما في العائلة الخيمية Apiaceae. وتكون البويضات كثيرا معلقة على حبل سرى طويل.

٦ - **القاعـدى** Basal : ويتركب المبيض من كربلة واحدة، أو أكثر فيصبح بذلك مركبا، أحادى المسكن. وتوجد المشيمة عند قاعدة المبيض يرتبط بها بويضة واحدة أو بضـع بويضـات. هذا النـوع مختزل من المحورى عن طريق اختزال حجم المشيمة، والبويضات في العدد الى بضع بويضات أو واحدة. في كثير من العائلات يتنوع الوضع المشيمى في المبيض، فمثلا، في العائلة Droseraceae يكون الوضع المشيمى في جنس Drosera جداريا Parietal بينما يكون في جنس Dionaea قاعديا.

٧ - **سطحـى** Superficial حيث يحمـل الكثير من البويضات على سطح الكربلة الداخلى كما في العائلة البشنينية Nymphaeceae وعائلة Butomaceae.

وضع المحيطات الزهرية على التخت

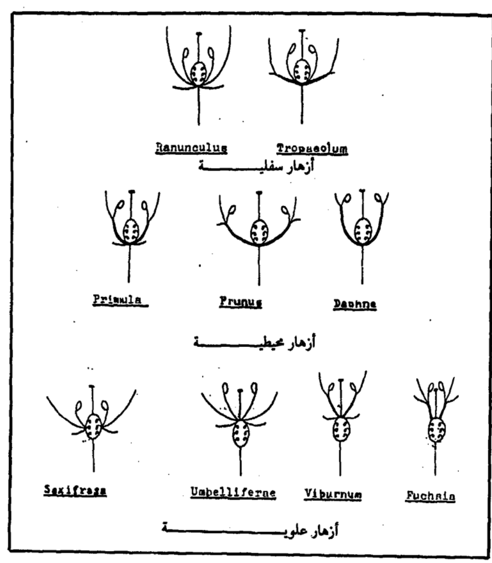
تتبـاين المحيطات الزهرية من حيث وضعها على التخت (شكل ١٢٤). وتصنف الأزهار تبعا للمستوى الذي توجد عليه المحيطات الزهرية على التخت بالنسبة للمبيض الى الطرز التالية:

١ - ***زهـرة سفليـة*** Hypogenous : في هذه الأزهـار يكـون تخت الزهرة محدبا أو مخروطيا حيث يحمل المبيض أو المبايض عند قمته. المحيطات الأخرى، وهى السبلات والبتـلات والأسـدية تخرج في مستـويات أدنى من مستـوى المبيض او المبايض، ولهذا تسمى الـزهـرة سفلية حيث تنشـأ المحيطات الأخرى عند مستوى أدنى من المبيض. والمبيض أو الكرابل تعتبر حينئذ علوية Superior كما في العائلة الباذنجانية Solanaceae.

٢ - ***زهرة علوية*** Epigenous وهي زهرة أكثر رقيا تركيبها من السفلية. حيث ينشأ عن التحام قواعد السبلات والبتلات والأسدية تركيب فنجانى الشكل يسمى Androperiant tube وأحيانـا يسمى Hypanthium أى تخت الزهرة يكون عنه غطاء يحيط جزئيا بالمبيض من جزئه السفلى ويلتحم بجداره. والأجزاء السائبة من الكأس والتويج والأسـدية تخرج عند قمة الغطاء حوالى منتصف المبيض. والمبيض في هذه الحالة يعتبر نصف سفلى Half-inferior والمحيطات الزهرية الأخرى علوية.

٣ - ***زهـرة محيـطيـة*** Perigenous : في هذا النـوع من الأزهـار يحيط الغطاء كليا بالمبيض ويلتحم به، وتخـرج الأجـزاء السـائبة من الكأس والتويج والأسدية عند قمة المبيض. الـزهرة في هذه الحالة تعتبر محيطية أما المبيض فيكون سفليا Inferior. وتعتبر العائلة القرعية مثالا لهذه الزهرة.

وفي طراز آخر من الزهرة المحيطية، تلتحم قواعد الكأس والتويج والطلع لتكوين الـتركيب الأنبـوبى السـابق، غير أنـه لايلتحم إطلاقا بالمبيض. يسمى هذا التركيب

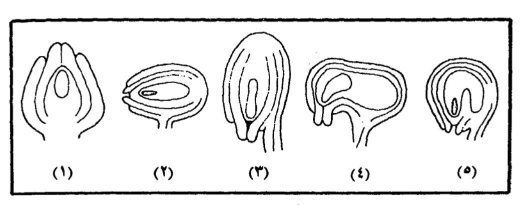


(شكل ١٢٤): رسوم تخطيطية لاشكال التخت في الازهار مع الأمثلة.

الأنبـوبى في هذه الحـالـة باسم الياقة Collar. أما الأجزاء السائبة من الكأس والتويج والـطلع فتخـرج من قمـة الـتركيب الأنبوبى بعيدا عن المبيض فتصبح محيطة به دون التحام، كما في أزهار العائلة الوردية Rosaceae.

أشكال البويضـــات

تتنـوع بويضـات مغـطاة البـذور في شكلها وكيفية اتصالها بالحبل السرى وموضع النقـير. وتـوجد عدة طرز من أشكال البويضات منها طرز شائعة (شكل ١٢٥)، كما توجد طرز أخرى انتقالية ومن هذه الطرز ما يلي:



(شكل ١٢٥): أشكال البويضات.

١ - مستقيمة. ٢ - نصف منعكسة.
٣ - منعكسة. ٤ - كلوية.
٥ - أفقية.

١ - **بويضـة مستقيمـة** Orthotropous وهي بويضة مستقيمة، قائمة على سطح المشيمـة. النقير في جزئها الطرفي، والحبل السرى قصير أو غائب. هذا الطراز يوجد خصيصا في العائلات ذات الوضع المشيمى القاعدى مثل الفلفلية Piperaceae و Jug-landaceae و Polygonaceae.

٢ - **بويضـة منعكسة** Anatropous وهي بويضـة منقلبـة عند الكلازا، ويلتحم غلاف البويضة الخارجى مع الحبل السرى على إمتداد هذا الغلاف حتى السرة، مكونا بروزا طوليا يسمى الرافى Raphe والنقير يكون مواجها للمشيمشة ومجاورا لقاعدة الحبل السرى. هذا النوع شائع في ذوات الفلقتين مثل العائلة الكتانية Linaceae والصليبية Brassicaceae والفراشية Fabaceae كما توجد شائعة في عدد من العائلات البدائية مثل الشقيقية Ranunculaceae والبشنينية Nymphaeceae.

٣ - **بويضـة كلوية** Campylotropous : وجسم البويضة يكون مقوسا مثل بذرة الفـاصـوليا Phaseolus مرتكـزا على الحبل السرى (حوالى المنتصف) ويكون واقعا بين الكلازا والنقير.

والنقير يواجه المشيمة. ويوجد هذا الطراز في عدد من العائلات مثل القرنفلية Caryophyllaceae وعائلة نبات الفربينا Verbenaceae.

٤ - **بويضـة أفقيـة** Amphitropous : ويعتـبر هذا الـطراز وسـطا بين البـويضة المستقيمة والمنعكسة. جسم البويضة يكون مستقيا في وضع عمودى على الحبل السرى الذي يلتحم مع غلاف البويضة حتى حوالى منتصف جسمها مكونا الرافى. النقير يتجه

جانبيا في مواجهة الكلازا. وهذا النوع نادر، ويوجد في بعض أنواع العائلة الصليبية Brassicaceae.

وفي بعض الأحيان، يكـون الحبـل السرى طويلا لدرجـة يلتف معها حول جسم البويضة التي تكون عادة مستقيمة، ثم يلتقى بالمشيمة قريبا من الكلازا. هذا الطراز من البـويضـات يسمى Ciricinotropous. حيث يلتصق الحبـل السرى بجزء قاعدى من جسم البويضة.

والبـويضـات المنعكسة هى الطراز الأكثر شيوعا في مغطاة البذور لاسيما العائلات البدائية التركيب في ذوات الفلقتين والفلقة الواحدة. وقد تتميز العائلة بطراز واحد من البويضات وقد يوجد أكثر من طراز في نفس العائلة. فالعائلة النخيلية Arecaceae توجد بها البـويضـات المستقيمة والمنعكسة. وأحيانا، قد يوجد أكثر من طراز حتى في نفس الكربلة، وقد يتغير شكلها بعد عملية الاخصاب. والبويضة المنعكسة يبدو أنها الطراز البدائى التركيب.

والبـويضـات قد لاتكـون قد تكشفت بعد عملية التلقيح كما في البلوط Quercus والجـوز Juglans حيث يحدث التلقيح قبـل سنة من نضج البويضة. وفي بعض أنواع الأوركيد Orchids لاتكون البويضة قد تم نضجها لفترة أسابيع أو شهور بعد التلقيح. وقد يحتوى مبيض الكربلة على بويضة واحدة كما في العائلة النجيلية Poaceae والسعدية Cyperaceae والمركبة Asteraceae أو بضع بويضات كما في العائلة الفراشية Fabaceae والكتانية Linaceae أو بويضات كثيرة مثل العائلة الصفصافية Salicaceae. ويبلغ عدد البويضات في جنس Cymbidium حوالى ٢ مليون بويضة.

الغدد الرحيقية الزهرية FLORAL NECTARIES

الرحيق Nectar محلول سكرى تفرزه غدد رحيقية توجد غالبا في النباتات التي تتلقح أزهـارهـا بالحشرات. السكروز والجلوكوز والفركتوز تمثل سكريات شائعة في الرحيق بالاضـافة الى مواد أخرى مخاطية وبروتينات وأحماض عضوية قد توجد أحيانا. يتنوع مقـدار الرحيق الذي تفرزه الزهرة خلال ٢٤ ساعة، يتراوح بين ١٣ر-٢٦٨ ملليجرام رحيق طازج. ويتفاوت مقدار الرحيق في الزهرة من فصل الى آخر وحتى من ساعة الى أخرى. وقد تستمر الزهرة في افراز الرحيق كلما امتص منها، ويتوقف ذلك على نشاط الغدد الرحيقية وحجم الزهرة وطبيعة النبات.

والخلايا التي تتركب منها الغدة الرحيقية الزهرية يتألف منها النسيج الغدى، والذي يحتـوى عادة على فروع من أنسجـة وعـائية بها نسبة مرتفعة من عناصر اللحاء. هذه

الـظاهـرة، توضـح انتقـال الـرحيق عن طريق الحـزم الوعائية. ولقد أوضح عدد من الباحثين أن تركيز السكر يرتبط بنوع النسيج الوعائى الذي يصل الى نسيج الغدة. فاذا كانت نهايات الحـزم الـوعـائية التي تغذى نسيج الغدة من اللحاء كانت نسبة السكر مرتفعة، وان كان يرافقها خشب انخفضت نسبة السكر في الرحيق.

وخـلايا النسيج الغـدى صغـيرة الحجم ذات جدر رقيقة وأنوية كبيرة، وسيتوبلازم كثيف محبب، وفجوات عصارية دقيقة. وعند مرحلة إفراز الرحيق، يصبح سيتوبلازم الخلايا أكثر كثافة غنيا بالعضيات الصغيرة لاسيما الميتوكوندريا والريبوسومات بالاضافة الى زيادة مقـدار الشبكـة الانـدوبـلازمية. ويحتمل أن يكون الرحيق قد قامت بافرازه حويصلات من الشبكة الاندوبلازمية.

ولقـد إستفـاد كثـير من البـاحثـين من شكل وموقع الغدد الرحيقية الزهرية كأحد الصفات التي يمكن أن تستخدم في تحديد علاقات القرابة بين الأجناس والعائلات.

ويمكن تصنيف الغدد الزهرية تبعا لموقعها في الزهرة الى مايأتى:

١ ــ غدد تتكون على الغلاف الزهرى Perigonal nectaries كما في جنس الكركدية Hibiscus والبلارجونيوم Pelargonium والخطمية Althaea.

٢ ــ **غدد تتكون على تخت الزهرة Toral Nectaries ومنها:**

أ ــ *حافية* Marginal بين قواعد السبلات والبتلات كما في Reseda.

ب ـ *حلقية* Annular تتكون على سطح التخت:

١ ــ بين السبلات والمبيض ـ Gravillea.

٢ ــ بين قواعد الأسدية ـ Polygonum أو على جانبيها كما في Dicentra.

٣ ــ تركيب حلقى من بروزات صغيرة بين الأسدية وحول المبيض مثل Cistus.

٤ ــ تركيب حلقى عميق نوعـا بين الأسـدية وقـاعـدة المبيض كما في الــبرقــوق Prunus وسـيزالبينيا Caesalpinia و Robinia أو بين الأسدية وأقلام الكرابل في حالة المبيض السفلى كما في الكافور Eucalyptus والعائلة القرعية Cucurbitaceae.

٥ ــ حلقـة متميزة حول قاعـدة المبيض كما في جنس المـوالـح Citrus ومعظم العائلة الشفوية Lamiaceae.

جـ ــ *غدد أنبوبية تبطن تخت أنبوبى الشكل* ـ Bauhinia

٣ ــ **غدد سدائيـة** Staminal Nectaries ومنها:

أ ــ توجد على خيوط الأسدية ـ Dianthus أو على الأنبوبة السدائية وكثير من نباتات العائلة الفراشية Fabaceae.

ب ــ عند قاعدة المبيض ـ Gentiana

٤ ــ **غدد رحيقية تتكون على جدار المبيض** Ovarial Nectaries ومنها الذي يتكون:

أ ــ على السطوح السائبة للكرابل ـ Sarraenia. أو

ب ــ عند قاعدة المبيض ـ Gentiana. أو

جـ ــ على حواجـز المبـايض الملتحمـة في ذوات الفلقـة الواحدة كما في العائلة الزنبقية Liliaceae والموزية Musaceae.

٥ ــ **غدد خاصة بالقلم في الزهرة** Stylar Nectaries

وتوجد عند قاعدة القلم مثل العائلة الخيمية Apiaceae وفي معظم الأنواع حشرية التلقيح في العائلة المركبة Asteraceae مثل تباع الشمس Helianthus والأقحوان Calendula.

وتحدث عملية تحرير السكريات من بروتوبلاست خلايا الغدة الرحيقية إما في جميع خلايا الغدة أو بعضها فقط وتسمى الخلايا التي تفرز الرحيق الخلايا الإفرازية -Secret. ory cells ويحدث إخراج الرحيق من الغدة بطرق مختلفة تتوقف على نوع خلايا النسيج الذي تكشفت عنه خلايا النسيج الغدى. فإذا كانت الخلايا بارنكيمية، يفرز الرحيق في المسافات البينية، ومنها يسيل الى الخارج عن طريق ثغور متحورة. أما اذا كان الإفراز قد حدث في خلايا البشرة التي تخلو من الكيوتين، فإن الرحيق ينتشر من الخلايا مباشرة إلى خارجهـا. واذا كانت خلايا البشرة تكسوها أدمة، فإن الإفراز ينتشر نتيجة لتمزق الأدمة أو من خلال ثقوب دقيقة توجد فيها.

وتـوجـد الغـدد الرحيقية الزهرية على جميع الأجزاء الزهرية، كما وجدت كثيرا على التخت. ولاتوجد غدد رحيقية تركيبية في أزهار كثير من العائلة الشقيقية الشجرية أو في العـائلة Winteraceae. وفي العـائلة الماجنولية Magnoliaceae ينتشر الرحيق من خلال الأدمة في بتلات الزهرة، ومنها يفرز من ثغور كبيرة توجد عند قواعد البتلات.

والغـدد الـرحيقية في العـائلة الصفصـافية Salicaceae عبـارة عن أجزاء مختزلة من الغلاف الزهرى. وهناك عدد من العائلات البدائية التركيب، مثل الماجنولية -Mag noliaceae والبشنينية Nymphaeceae تخلو من الغدد الرحيقية، ويتم التلقيح في أزهارها بواسطة الخنافس. وتعتبر الغدد الرحيقية من صفات مغطاة البذور فيما عدا تلك التي تلقيحها بواسطة الخنافس.

تركيب الغدة الرحيقية الزهرية في الموالح

الغـدة الرحيقية في جنس الموالح توجد في هيئة حلقة حول قاعدة المبيض. وتوجد ثغور ذات فتحات واسعة على الأجزاء المرتفعة من الغدة. والغرف الهوائية الثغرية تكون عميقة، وخلايا تحت الزهرة صغيرة ومحكمة التلاصق. تتركب البشرة من خلايا مكعبة الشكل، سميكة الجدر تكسوها طبقة رقيقة من الكيوتين. جميع الخلايا التي تتركب منها الغدة الرحقيقية هى خلايا إفرازية بما فيها خلايا البشرة والخلايا البارنكيمية. الرحيق يفرز الى المسافات البينية ومنها الى الخارج عن طريق الثغور.

سقوط أجـــزاء الزهـــرة

تسقط البتـلات والأسـدية وأحيانا أخرى غيرها نتيجة لتكوين طبقة إنفصال تتميز خلاياها، عما يجاورها، بشكلها المستدير أو المكعب. ونسيج طبقة الانفصال في الأزهار يكـون أقـل تكشفـا من خلايا طبقة الانفصال في الأوراق، ويظهر في فترة قصيرة قبل سقوط الأوراق الزهرية.

وفي النبـاتـات ذات الأزهـار وحيدة الجنس، تسقط الأزهار المذكرة جميعها بعد أن تتحرر حبوب اللقاح من الأسدية. وأحيانا، تسقط النورة المذكرة كما في التوت Morus والكازوارينا Casuarina. كما تسقط الأزهار المؤنثة والخنثى التي لا تخصب.

الفصل التاسع عشر

دليل إيضاح معانى المصطلحات العلمية

الفصل التاسع عشر

دليل إيضاح

معانى المصطلحات العلميـــة

GLOSSARY

يضم هذا الدليل شرح موجز لعديد من المصطلحات العلمية الأساسية التي جاءت في هذا الكتـاب، مرتبة أبجديا لكي يستفيد منها دارسى مورفولوجيا النباتات مغطاة البذور. ونود الإشـارة إلى أن هذا الدليل ليس له إرتباطاً بأسماء النباتات أو مؤلفيها، ولو أنه أحيانا تذكر أسماء بعض الأجناس والعائلات التي ينتمى إليها كل جنس، وذلك للتمثيل فقط. كما أن هنـاك عدد غير قليـل من المصـطلحـات العلميـة لم ترد في هذا المؤلف قد يحتـاجها دارسى مورفـولـوجيـا مغـطاة البـذور، قد تناولناها بالشرح وأحيانا يضاف إلى المصطلح العلمى، مصطلح آخر يكون مرتبطا به أو يمثل أحد مكونات التركيب الخاص بالمصطلح العلمى.

Abaxial

الجانب أو السطح البعيد عن المحور .

Abscission layer "Separation layer"

طبقـة الانفصـال، وهى طبقة من الخلايا ذات تركيب متميز يؤدى وجودها الى سهولة انفصال جزء من النبات مثل الأوراق والأزهار وحتى البراعم والثمار.

Abcission zone

منـطقـة الانفصـال، وتوجد عند قاعدة الورقة أو الزهرة أو الثمرة أو أى جزء آخر من النبات، تحتوى على كل من طبقتى الانفصال والحماية، كل منهما يقوم بدور في انفصال جزء النبات .

Accessory cell "Subsidiary cell"

خلية مساعدة، وهى خلية من خلايا البشرة التي تحيط عادة بالثغر Stoma ذات تركيب

متميز مورفولوجيا وذلك عن بقية خلايا البشرة ، تتنوع في العدد والترتيب حول الثغر تبعا لطرازه . وأحيانا ، تكون غير موجودة في الثغر .

Accessory fruit parts

أجـزاء إضافية تشترك في تكوين الثمرة ، مثل الكأس والتخت والأقلام ، كما في التفاح والثمرة التينية .

Achene

ثمرة تسمى فقيرة ، صغيرة وجافة ، غير منفتحة ، تحاط بغلاف جلدى رقيق ، ذات بذرة واحدة ، تنشأ عن كربلة واحدة من متاع عديد الكرابل مثل الورد *Rosa*.

Acicular crystal

بلورة إبرية من أكسالات الكالسيوم ، تتجمع أحيانا في حزم تسمى *Raphides*.

Acropetal succession

أجزاء تنشأ في تعاقب قمى من القاعدة الى القمة .

Actinomorphic

متـماثـل ، يطلق هذا المصـطلح على الـزهـرة التي يمكن تقسيمهـا الى أنصاف متماثلة بقطاعات في مستويين مختلفين .

Acuminate

قمـة نصـل ورقـة ، مستـدقة ، حافتى النصـل محدبتي قليلا ، يستدقان تدريجيـا إلى طـرف مدبـب .

Acute قمة حادة مدببة لنصل ورقة ، جانبى الحافة عند القمة يكونان مستقيمان .

Acyclic ترتيب حلزونى عكس سوارى

Adaxial الجانب أو السطح المواجه للمحور ، الظهرى

Adaxial meristem

مرستيم يوجد على الجانب الظهرى لبداية الورقة في هيئة شريط تحت البروتودرم Pro-toderm تؤدى إنقسامات خلاياه ومشتقاتها إلى زيادة سمك محور نصل الورقة .

Adnate stipules أذينات ملتصقة بعنق الورقة

Adnation

التحـام بين أجزاء أعضاء غير متشابهة في الزهرة مثل التحام قواعد الأسدية والبتلات والسبلات لتكوين *Hypanthium* والتحام الأسدية مع البتلات .

Adventitious buds

براعم عرضية ، تنشأ في غير أماكن تكوينها العادية مثل على نصل الورقة ، أو الجذور المسنة وجذوع الأشجار، أى براعم لم تنشأ عن المرستيم القمى للساق. تنشأ أيضا في العقل من نسيج الكالوس Callus وقد تنشأ سطحيا من البشرة أو في أنسجة عميقة .

Aerenchyma

بارنكيما هوائية ، تتميز بوجود فراغات بينية واسعة بين الخلايا ، إنفصاليا أو إنقراضية . والقشرة ذات البارنكيما الهوائية تتميز بها جذور النباتات المائية ، كما توجد في جذور بعض أنواع العائلة النجيلية Poaceae والسعدية Cyperaceae.

Adventitious roots

جذور عرضية ، تنشأ من قاعدة الساق، وفي السيقان الأرضية ، وعلى عقد وسلاميات السيقان المتسلقة لبعض النباتات ، والعقل الساقية والورقية . وفي أحد أنواع جنس Dis-chidia من العائلة Asclepiadaceae تكون الورقة فيه على شكل جرة ، وينمو من تجويفها مجموع جذرى عرضى .

Aestivation

نظام ترتيب أجزاء الغلاف الزهرى في البرعم مثل مصراعى Valvate ومتراكب Imbricate.

Aggregate fruit

ثمرة متجمعة ، تتركب من تجمع عدد من الثمار التي تنشأ من زهرة ذات كرابل عديدة سائبة . جزء الثمرة اللحمى ينشأ عن تخت الزهرة. الثمار إما فقيرات Achenes تحمل على السطح المحدب للتخت مثل الشليك Fragaria أو تتركب من عدد من الجرابيات Follicles مثل الماجنوليا Magnolia أو حسليات صغيرة Drupeletes مثل توت العليق Rubus.

Air chamber

غرفة هوائية توجد في النسيج المتوسط للورقة تحت الثغر.

Aleurone grain

حبيبة أليرون ، بروتينية التركيب ، توجد مخزنة في خلايا الإندودرمس ، أو الفلقات لبعض البذور كما في القطن ، كما توجد في خلايا طبقة الاليرون المغلفة لاندوسبرم حبوب الغلال ، وأحيانا توجد في البريسبرم . ويوجد نوعان من خلية الأليرون ، بسيطة أو مركبة تحتوى على أجسام شبه كروية Globoids وغيرها شبه بللورية Crystalois بروتينية التركيب .

Alate fruit

ثمرة مجنحة، مثل بعض الفقيرات *Achenes*

Alternate leaves

أوراق متبادلة الوضع على الساق، توجد ورقة واحدة عند كل عقدة.

Ament "Katkin"

نورة هرية، مدلاة، أزهارها وحيدة الجنس، توجد الزهرة في إبط ورقة حرشفية، مثل الصفصاف *Salix*.

Amphicribral vascular bundle حزمة وعائية مركزية الخشب.

Amphiphloic stele

عمود وعائى مجوف مزدوج اللحاء، لحاء داخلى وآخر خارجى بينهما الخشب.

Amphistomatic leaf

ورقة توجد الثغور على كل من سطحيها، إذا وجدت الثغور على السطح العلوى عرفت الورقة باسم Epistomatic وإن وجدت على السطح السفلى فقط سميت *Hypostomatic*.

Amphitropous ovule

بويضة أفقية، جسم البويضة يكون أفقيا وعمودى على الحبل السرى. يلتحم الحبل السرى عند حوالى منتصف جسمها مكونا الرافى Raphe. يوجد هذا النوع في العائلة الشقيقية *Ranunculaceae* وبعض الصليبية *Brassicaceae*.

Amphivasal vascular bundle حزمة مركزية اللحاء، يحاط بالخشب.

Amyloplast بلاستيدة عديمة اللون تختص بتكوين النشا.

Anatropous ovule

بويضة منعكسة، يكون الحبل السرى فيها ملاصقا للغلاف الخارجى للبويضة مكونا بروزا طوليا يسمى الرافى Raphe يمتد خلاله النسيج الوعائى للبويضة. النقير *Micropyle* يكون قريبا من موضع إتصال الحبل السرى بالمشيمة.

Androecium

محيط الطلع في الزهرة، يتركب من سداة واحدة أو أكثر، قد تكون ملتحمة الخيوط أو سائبة أو بعض الخيوط يكون ملتحما وأخرى سائبة.

Androgynophore

حامل طلعى متاعى، إمتداد من محور الزهرة يحمل الطلع والمتاع أعلا موضع إتصال

أجزاء الغلاف الزهرى مثل زهرة الساعة *Passiflora*.

Androperianth tube

تركيب أنبوبى أو فنجانى الشكل، ينشأ من التحام قواعد السبلات والبتلات والأسدية، وقد تلتحم مع جدار المبيض جزئيا أو كليا.

Anemophilous

هوائية التلقيح، أزهار تنتقل حبوب اللقاح فيها بواسطة الهواء.

Angiosperms

النباتات مغطاة البذور، وتضم ذوات الفلقتين *Dicotyledons* وذوات الفلقة الواحدة *Monocotyledons*.

Angstrom "A"

أنجستروم، وحدة قياسية بالمجهر الأليكتروني = ٠,٠٠٠١ من الميكرون *Micron* وهو وحدة قياسية بالمجهر الضوئى = ٠,٠٠١ من الملليمتر.

Angular collenchyma

كولنكيما زاوية، تغلظات الجدر توجد في زوايا اتصال عدد من الخلايا المتجاورة.

Anicocytic stoma

طراز من الثغور، يحيط به ثلاث خلايا مساعدة إحداها صغيرة. المصطلح القديم يسمى *Cruciferous*.

Annual

حولى، نبات عشبى يتم دورة حياته في عام واحد أو أقل.

Annular ring حلقة من الخشب الثانوى تتكون في عام واحد.

Annular thickening

تغليظ حلقى في جدر عناصر الوحدات الناقلة للماء، وهى الأوعية *Vessels* والقصيبات *Tracheids*.

Anomalous secondary growth نمو ثانوى شاذ.

Anomocytic stoma ثغر عديم الخلايا المساعدة.

Abterior

على الجانب الأمامى، بعيدا عن المحور في اتجاه قنابة الزهرة.

Anther

متك في الزهرة، جزء السداه الذي يحتوى على حبوب اللقاح، يتركب عادة من فصين، يوجد عند قمة خيط السداة Filament.

Anthesis

التزهيز، الفترة التي تبلغ فيها الزهرة مرحلة النضج .

Anticlinal

عمودى على السطح، في حالة إنقسام الخلية .

Antipodal cells

الخلايا السمتية، ثلاث خلايا تحتل الطرف الكلازى للكيس الجنينى . قد تندثر بعد الإخصاب، أو ينشأ عن انقسامها نسيج خازن للغذاء يسمى النسيج السمتى Antipodal tissue كما في بعض نباتات العائلة النجيلية . أحيانا، كما في Aster يتراوح عددها بين ٢ـ٣٠ قد تزداد واحدة منها أو اكثر في الحجم وتصبح في هيئة ممص يتصل بالنسيج الوعائى للبويضة . وقد تزداد الخلايا السمتية في الحجم وتصبح نشطة فسيولوجيا، عديدة الأنوية .

Apetalous

زهرة عديمة البتلات .

Apex

الجزء الطرفى للجذر أو الساق الذي يوجد به المرستيم القمى

Aphylous

عديم الأوراق

Apical cell

الخلية القمية، توجد في طرف المرستيم القمى لجذور وسيقان النباتات الوعائية الدنيا والحزازيات . وهي خلية إنشائية، أكثر طرزها شيوعا ذو الشكل الهرمى والعديسى .

Apical meristem

مرستيم قمى، يوجد في طرف الساق والبراعم والجذور، خلاياه مرستيمية، ينشأ عن نواتج إنقساماتها الأنسجة الإبتدائية لكل من الساق والجذر. وقد يكون هذا المرستيم خضريا ينشأ عنه الأجزاء الخضرية أو زهريا تنشأ عنه النورات والأزهار.

Apiculate leaf

ورقة، قمة النصل فيها قصيرة حادة

Apopcarpopus gynoecium

متاع سائب الكرابل

Aposepalous calyx

كأس زهرة سائب السبلات

Apposition

أحد طرز النمو في جدر الخلية، حيث تتراكم مواد الجدار في طبقات متتالية.

Aquatic plants
نباتات مائية

Arboroscent
نبات طبيعة نموه شجرية

Areole

الجزء الخالى من فريعات العروق في نصل الورقة، يطلق أيضا على مساحة صغيرة تنمو عليها أشواك أو شعور.

Aril

غلاف خارجى للبويضة، يوجد خارج الغطاء العادى، ينشأ عنه السرة أو الحبل السرى أو الكلازا، وحتى من غلاف البويضة، في هيئة غلاف ثالث، عادة يكون لحميا. قد يشاهد على سطح القصرة في البذرة ناشئا عن الحبل السرى في البويضة كما في بعض أنواع البقوليات حيث يكون ملونا ولامعا على القصرة.

Aristate

قمة نصل مدببة، طويلة ضيقة تشبه الشوكة كما في النخيل.

Articulate
مفصلـــى.

Articulated laticifer

تركيب يحتوى على اللبن النباتى *Latex* مفصلى يتركب من أكثر من خلية، الجدر الطرفية قد أزيلت كليا أو جزئيا، قد يكون متفرعا أو غير متفرع.

Asexual
غير جنسى.

Astrosclereid
إسكلريدة نجمية، متفرعة

Aun

سفا، تركيب رفيع وخشن، ينمو من السطح السفلى لقنابع السنيبلات *glumes* في بعض أنواع العائلة النجيلية.

Axil leaf

إبط الورقة، الزاوية العليا لعنق الورقة قد ينمو من برعمها فرع أو زهرة يوجد فيها عادة برعم؛ وأحيانا برعمان أو ثلاثة.

Axial parenchyma

بارنكيما محورية، توجد في الأنسجة الوعائية الثانوية، موازية لمحور النبات، عكس

البارنكيما الشعاعية Ray parenchyma التي تمتد أفقيا، عبر الخشب واللحاء الثانويين، تسمى الشعاع الوعائى Vascular ray.

Axil system

الجهاز المحورى، في الأنسجة الوعائية الثانوية. ويضم جميع الخلايا الناتجة عن إنقسام مشتقات البدايات المغزلية Fusiform initials والتي يكون محورها موازيا لمحور النبات. يسمى أحيانا الجهاز العمودى Vertical system.

Axillary bud

برعم إبطى، يوجد في إبط الورقة، يتكشف عنه فرع خضرى أو زهرة أو نورة، وأحيانا شوكة أو محلاق.

Banner

العلم، البتلة العليا للتويج في العائلة الفراشية، يسمى أيضا Standard أو Vexillum.

Bark

قلف، الجزء الخارجى من جذع الشجرة الذي يوجد خارج الكامبيوم الوعائى. ويصنف القلف الى خارجى ميت وآخر داخلى حى يتركب عادة ومن اللحاء. من طرز القلف، قلف حلقى Ring bark وقلف حرشفى Scale bark.

Basifixed, anther متك مثبت من قاعدته بقمة خيط السداة

Basipetal تكشف من القمة تجاه القاعدة في خط طولى

Bast fibers ألياف لحاء، توجد خارج نسيج الخشب

Berry

ثمرة عنبة، طرية غير منفتحة، تحتوى على عدة بذور، تنشأ عن متاع ملتحم الكرابل، الغلاف الثمرى لحمى مثل العنب.

Bipinnate leaf ورقة مركبة زوجية التقنيم الريشى.

Rachilla

محور النورة الأساسى Rachis يتفرع الى محاور جانبية كل منها يمثل محور الوريقة يحمل وريقات صغيرة على جانبية يسمى كل منها ريشة Pinna.

Bicollateral vascular bundle

حزمة وعائية ذات جانبين، وتحتوى لحاء على جانبى الخشب.

Biennial

ثنائى الحول، نبات عشبى تستغرق فترة حياته عامان .

Bifacial leaf

ورقـة تشريحيا ذات جانبـين، ويوجـد النسيج العـادى على جانب واحـد، النسيج الإسفنجى على الجانب الأخر.

Bifid

قمة نصل مشقوقة .

Bifurkate

ثنائى التفرع، مثل الاقلام والمياسم في الزهرة، وبعض أنواع الشعور تكون متفرعة على شكل حرف Y .

Bilabiate

ثنائى التفرع، يستخدم في حالة الكأس والتويج كما في العائلة الشفوية *Lamiaceae*.

Biovulate

مبيض ثنائى البويضات .

Biseriate, perianth

غلاف زهرى يتركب من محيطى الكأس والتويج .

Biseriate ray

شعاع Ray في الأنسجة الوعائية الثانوية عرضة خليتان

Blind pit

نقرة عمياء، لايقابلها نقرة أخرى في الجدار الخلوى المجاور أو المسافة البينية .

Bordered pit

نقـرة مضفوفة، الجدار الثانوى فيها على شكل ضفة فوق غشاء النقرة *Pit membrane* الذي يتركب من الصفيحة الوسطى والجدارين الإبتدائين لنقرتين متجاورتين .

Bordered pit - pair

نقرة زوجية مضفوفة، نقرة مضفوفة في جدار يقابلها نقرة مثلها في الجدار الملاصق .

Brachysclereid

إسكلريدة حجرية، قصيرة ذات جدر ملجننة سميكة بها نقر متفرعة .

Bract

قنابة، ورقة مختزلة يخرج من إبطها زهرة

Bracteole

قنيبة، ورقة مختزلة جدا توجد على عنق الزهرة، واحدة على عنق الزهرة في النبات ذات

الفلقة، قنيبتان في ذات الفلقتين.

Branch gap

فرجة أو ثغرة الفرع، توجد في منطقة العقدة في الساق. مساحة من خلايا بارنكيمية تندمج عندها القشرة مع النخاع في الساق توجد حيث تنحنى مسيرات الأفرع من الأسطوانة الوعائية للساق تجاه الفرع. عادة تكون مشتركة مع فرجة الورقة التي في إبطها الفرع في ثمرة واحدة.

Branch trace

مسار الفرع، حزمة وعائية في الساق ترتبط فيها بين منطقة إتصالها بالنسيج الوعائى في الفرع والمنطقة التي تندمج عندها مع الجهاز الوعائى للساق. يمتد مسار الفرع في الساق لمسافة معينة ثم يندمج مع الجهاز الوعائى للساق. عادة يوجد مساران وعائيان للفرع في ذوات الفلقتين وأحيانا يوجد مسار واحد، في ذوات الفلقة يوجد عدة مسارات.

Bristly

شوكى، تحمل أشواك أو شعور جامدة صلبة

Bud

برعم، قد يكون إبطيا أو طرفيا، خضريا أو زهريا، عاريا أو مغطى بحراشيف، أو عرضى. ساق قصيرة جدا غير مكتملة التكشف، تحمل بدايات أوراق، وينتهى طرفه بمرستيم قمى تغلفه بدايات أوراق متدرجة في التكشف.

Bud scales

حراشيف البراعم، تنشأ عن أوراق أو أذينات محورة، عادة تكون سميكة جلدية ذات لون بنى، يتراكب بعضها فوق بعض. قد تغطى بطبقة شمعية أو صمغية أو بشعور كثيفة، تحمى البرعم في الشتاء، كما في البلوط والتوت والخوخ، وأخرى غيرها كثيرة.

Bud - scale scars

ندب حراشيف البراعم، حلقات متتابعة توجد عند بعض عقد الساق. كل مجموعة من هذه الحلقات تحدد موضع حراشيف البرعم التي سقطت بعد تفتح البرعم المغطى.

Bulb

بصلة، ساق أرضية قرصية الشكل، تكسى بأوراق حرشفية جافة تغلف أخرى خازنة للغذاء.

Bulbel

بصيلة، إحدى مكونات البصلة الأم، كل منها يمثل برعما إبطيا سميكا يحاط بورقة

حرشفية جافة رقيقة مثل الثوم. وساق البصيلة قرصى صغير ذو برعم طرفى.

Bulbil

بصيلة صغيرة، هوائية، تنشأ في إبط ورقة خضراء مثل الزنبق. في نبات السيسال Agave sisalana وهو من نباتات الألياف الورقية، تتكون بصيلات هوائية في آباط أعناق الأزهار إذا سقطت على التربة الرطبة تكون عنها نباتات جديدا.

Bulliform cells "motor cells"

خلايا كبيرة الحجم توجد في أشرطة من بضع خلايا في النصل بين العروق، مرتبة طوليا معها، وهى أكبر حجما من بقية خلايا البشرة، تسمى الخلايا اللافة أو المحركة، كما في البشرة العليا لأوراق النجيليات.

وتوجد هذه الخلايا في الغالبية العظمى من أوراق النباتات ذات الفلقة الواحدة. وقد تكسو السطح العلوى للنصل، وقد توجد على كل من سطحى الورقة.

وإذا وجدت في أشرطة، فإن أكبر خلايا تكون الوسطى. والجدر القطرية لهذه الخلايا تكون رقيقة بينما الخارجية تكون مماثلة في سمكها لبقية خلايا البشرة، تكسوها طبقة خارجية من الكيوتين. ولا تحتوى على بلاستيدات خضراء، فجواتها غنية بالماء.

Bundle cap

قلنسوة الحزمة الوعائية، تتركب من خلايا اسكلرنكيمية، تشاهد في هيئة غطاة على السطح الخارجى للحاء الحزمة.

Bundle ends

نهايات الحزم الوعائية، عبارة عن فريعات العروق التي توجد في الأجزاء الصغيرة للنسيج المتوسط. قد تتركب نهاية الحزمة من قصيبة واحدة أو إثنين يرافقهما خلية بارنكيمية أو من قصيبة فقط.

Bundle scars

ندب الحزم الوعائية، توجد في ندب الأوراق *Leaf scars* يكون عددها مساو لعدد مسارات الورقة *Leaf traces*

Bundle sheath

غلاف الحزمة الوعائية، طبقة أو طبقتين تحيط بالحزمة الوعائية، تتركب من خلايا بارنكيمية أو اسكلرنكيمية. غلاف الحزمة الوعائية، في أوراق بعض ذوات الفلقتين وفي بعض النجيليات، يتركب من طبقة واحدة من خلايا بارنكيمية تقوم بتكوين واختزان النشا، ويمكن اعتبارها غلافا نشويا *Starch sheath*.

Bundle – sheath extensions

إمتدادات غلاف الحزمة الوعائية ، صفيحة من خلايا بارنكيمية او إسكلرنكيمية تصل مابين غلاف الحزمة الوعائية في الورقة والبشرة العليا أو البشرتين، العليا والسفلى، ربما يكون لها دور في عملية النقل بين خلايا النسيج المتوسط والعناصر الناقلة .

Caducus سريع التساقط ، كما في سبلات بعض الأزهار

Calciform يشبه الكأس .

Callose

كالوز، مادة عديدة التسكر، غير متبلورة، شائعة الوجود في المساحات الغربالية Sieve areas للوحدات الغربالية في لحاء البذور.
كما وجدت أيضا في أنابيب اللقاح. ويصبغ الكالوز باللون الأزرق باستخدام صبغة Aniline blue.

Callus

كالوس، نسيج من خلايا بارنكيمية كبيرة رقيقة الجدار. ينشأ هذا النسيج نتيجة لجروح تحدث في النبات . توجد في هيئة بروز جامد ، ينشأ عن زيادة واضحة في حجم عدد من الخلايا المحيطة بالجرح، وقد تحدث في خلايا عميقة ، تأخذ بعدها في الإنقسام مكونة الكالوس. قد ينشأ كامبيوم وعائى من خلايا الكالوس ينتج عنه خشب ولحاء ثانويين . وقد ينشأ بريدرم في الطبقة السطحية على إمتداد البريدرم في نفس الساق إن وجد .

Calyptra

غطاء أو قلنسوة ، مثل غطاء الثمرة في الكافور، أو شكل الكأس كما في بعض أزهار العائلة الخشخاشية Popaveraceae.

Calyptrogen

نسيج مرستيمى تنشأ عنه القلنسوة في الجذر ويوجد في طرف المرستيم القمى للجذر. ويمثل أحد المرستيمات في نظرية أصل الأنسجة .

Calyx: Sepals

الكأس في الزهرة ، المحيط الخارجى ، يتركب من سبلات سائبة أو ملتحمة ، أحيانا يكون بتليا Petaloid.

Calyx tube

أنبوبة الكأس، تركيب أنبوبى ناتج عن كأس ملتحم السبلات .

Cambial initials

بدايات الكامبيوم ، توجد في الكامبيوم الوعائى ، وتصنف الى بدايات مغزلية Fusiform initials وبـدايات الأشعـة Ray initials الأولى مصـدر لجميع الخلايا التي يتكون منها الخشب واللحـاء الثـانويين والتي تترتب موازية لعضو النبات مثل الأوعية والقصيبات والألياف ، واللحاء الثانوى مثل الأنابيب الغربالية والألياف وبارنكيما اللحاء . وبدايات الأشعـة يتكـون عنهـا الجهاز الشعاعى لكل من الخشب الثانوى واللحاء الثانوى أى الاشعة الوعائية .

Companulate

ناقوسى الشكل مثل التويج

Campylotropous, ovule

بويضـة كلوية الشكل، مقوسة ، النيوسلة فيها وغطائى البويضة تكون منحنية ، فتحة النقير تكون تجاه قاعدة المبيض كما في العائلة الصليبية والقرنفلية .

Capsule

ثمرة علبة ، جافة ، تنشأ عن متاع ملتحم الكرابل . تتفتح عند النضج بواسطة ثقوب في جدارها Poricidal أو مسكنيا Louclicidal أو حاجزيا Septicidal. وتحتوى الثمرة العلبة على عدة بذور.

Carpel

كربلة ، الوحدة التركيبية للمتاع في أزهار مغطاة البذور. المتاع البسيط يتركب من كربلة واحدة ، والمركب يتكون من كربلتين أو أكثر ملتحمة .

الكربلة النموذجية تتركب من مبيض Ovary بداخله بويضة Ovule أو أكثر، وقلم Style وميسم Stigma.

Carpophore

حامل كربلى ، عنق ينشأ عن إمتداد التخت يحمل متاع الزهرة . في العائلة الخيمية يكون في هيئة تركيب رفيع يمتد أعلا التخت ، كربلى المنشأ ، يحمل الثمرة المنشقة Cremocarp إلى ثميرتين كل واحدة تحمل على أحد فرعى هذا الحامل .

Caruncle

البسباسة ، زائدة إسفنجية توجد خارج قصرة البذرة بجوار السرة ، تنشأ عن الجزء الطرفى لغلاف البويضة .

Caryopsis, grain

ثمرة جافة ، غير منفتحة ، حبة تتميز بها النباتات التابعة للعائلة النجيلية ، تحتوى على

بذرة واحدة إندوسبرمية . بقايا قصرة البذرة التحمت مع غلاف الثمرة مكونة تركيبا واحدا، هو غلاف الحبة .

Casparian strip

شريط كاسبرى، ترسيب من السوبرين Suberin وأحيانا اللجنين Lignin على هيئة شريط في جدر خلايا طبقة الإندودرمس Endodermis القطرية والعرضية في الجذر. كما يوجد في نخيل البلح ، وأحيانا في السيقان العشبية ، إندودرمس ذات أشرطة كاسبرى ، قد تتكون فيها عند فترة التزهير. كما يوجد الأندودرمس أيضا في الريزومات . قد تخزن نشا في خلاياها فتسمى حينئذ الغلاف النشوى Starch sheath كما في بعض السيقان .

Caduate

قمة نصل على شكل ذيل، أو ذنبية

Cauline

ينمو من الساق .

Cell

خلية ، الوحدة البنائية والفسيولوجية للنبات الحى . الخلية الحية تتركب من بروتوبلاست يحيط به جدار خلوى، بينما غير الحية ، تتركب من جدار فقط يحيط أحيانا بفجوة تحتوى على بعض نواتج التحولات الغذائية مثل البلورات .

Cellulose

السليلوز، مادة كربوهيدراتية ، تمثل المكون الرئيسى لجدر الخلايا النبات . تتركب من سلاسل طويلة من جزيئات سكر الجلوكوز اللامائية . يشترك مع السليلوز مواد اخرى عضوية مثل السليكا .

Central cylinder

الأسطوانة المركزية ، مصطلح يدل على الأنسجة الوعائية والنسيج الأساسى المرتبط بها مثل النخاع .

Centrifugal

التكوين من المركز نحو الخارج في مستوى عرضى .

Centripetal

التكوين من الخارج نحو المركز.

Chaff

قنابة جافة غشائية حرشفية .

Chalaza

الجزء القاعدى من البويضة حيث يلتقى غلافا البويضة مع النيوسيلة ، قد يلتحم الحبل السرى معها وينتهى فيها النسيج الوعائى للبويضة ، وأحيانا يمتد في غلاف أو غلافى البويضة .

Chlorenchyma

النسيج الكلورنكيمى، يتركب من خلايا بارنكيمية تحتوى على بلاستيدات خضراء، رقيقة الجدر إبتدائية .

Chloroplast

بلاستيدة خضراء، عضى تركيبى بروتوبلازمى يحتوى على الكلوروفيل ويبنى فيها السكر أو النشا، غالبا عدسية الشكل، يكثر وجودها في خلايا النسيج المتوسط في الورقة .

Chromoplast

بلاستيدة ملونة، عضى تركيبى بروتوبلازمى ذات أشكال مختلفة عصوية أو قرصية أو في هيئة صفائح رقيقة، أو حلزونية، كما تتنوع في اللون بين الأصفر، والبرتقالى أو الأحمر. ويرجع اللون الى الحبيبات الكاروتينية فيها .

Cladode

ساق ورقية، متحورة الى تركيب ورقى الشكل، وحيدة السلامية، خضراء اللون، توجد على الساق، تنمو من إبط ورقة حرشفية كما في نبات السفندر.

Cleistogamic flower

زهرة صغيرة، مقفلة تتلقح ذاتيا .

Closed layer

طبقة غالقة في العديسة *Lenticel* تتركب من خلايا محكمة التلاصق تتبادل مع اخرى خلاياها مفككة، يتكون عنها النسيج المائى، وجدر الخلايا مسوبرة .

Coleoptile

غمد الريشة في العائلة النجيلية، ويرى بعض الباحثين أنه جزء من الفلقة، وظيفته حماية الريشة خلال الانبات .

Coleorhiza

غمد الجذير في جنين العائلة النجيلية .

Column

العمود، تركيب زهرى، ينشأ عن التحام الأسدية والقلم والميسم كما في الأوركيد، أو الأسدية فقط كما في *Cucurbita* من العائلة القرعية .

Coma

تاج من الأوراق عند قمة الساق غير المتفرعة كما في نخيل البلح، أو خصلة من الشعور تحمل على قمة البذرة .

Companion cell

خلية مرافقة، في لحاء مغطاة البذور، تكون مصاحبة لوحدة أنبوبة غربالية Sieve tube element تنشأ من نفس البداية الخلوية التي تنشأ منها وحدة الأنبوبة الغربالية.

Compound laticifer

تركيب لبنى نباتى مركب، يتألف من خليتين فأكثر، مفصلى Articulated laticifer يتركب من سلاسل طولية من الخلايا، الجدر الطرفية فيما بينها تلاشت كليا أو أصبحت مثقبة، فتصبح في صورة تركيب أنبوبى يشبه الوعاء.

Compound leaf ورقة مركبة تتألف من أكثر من وريقتين.

Compound middle lamella

الصفيحة الوسطى المركبة، تضم الصفيحة الوسطى والجداران الابتدائيان الملاصقان لها، وأحيانا تشمل أيضا الطبقات الأولى من الجدار الثانوى.

Compound sieve plate

صفيحة غربالية مركبة، تتركب من عدة مساحات غربالية Sieve areas.

Conducting tissue

النسيج الناقل أو الموصل، ويضم نسيج الخشب ونسيج اللحاء، وهما اللذان ينقلان المواد اللازمة لنمو واستمرار حياة النبات.

Conduplicate carpel

كربلة غير متميز فيها مبيض أو قلم أو ميسم، كما في العائلة Winteraceae وهى إحدى العائلات البدائية التركيب من ذوات الفلقتين. الكربلة مفتوحة جانبيا، حافتيها متقاربتين بدرجة كبيرة، يوجد على امتداد كل منها بروز طولى يسمى البروز الميسمى Stigmatic crest تكسوه شعور حلمية، تسقط وتنبت حبوب اللقاح خلالها. حبوب اللقاح في هذه العائلة وحيدة الأخدود، وقد إختزل إلى ثقب واحد.

Conjunctive tissue

نسيج ضام، يتركب من خلايا بارنكيمية ذات جدر سميكة، ينشأ من كامبيوم خاص.

Connate leaf

ورقة تاجية، توجد ورقتان متقابلتان عند العقدة، تلتحم قاعدتيهما حول الساق الذي يكون مارا من وسطهما.

Connecting strand

أشرطة سيتوبلازمية تصل سيتوبلازم العناصر الغربالية المرتبة رأسيا في لحاء مغطاة

البذور. هذه الإمتدادات السيتوبلازمية تمر من خلال ثقوب المساحات الغربالية التي توجد في الصفائح الغربالية . قطر الثقب في المساحة الغربالية يتراوح بين أقل من ميكرون الى حوالى ١٥ ميكرون ، وتحاط الأشرطة الموصلة بغشاء رقيق من مادة الكالوز، وقد يتكون منه طبقة رقيقة فوق المساحة الغربالية .

Contractile root

جذر متقلص، وهو جذر عرضي ينشأ على بعض السيقان الأرضية مثل الأبصال، تتميز بقدرتها على الانكماش فتسحب قمة الساق لتضعها في الموضع المناسب لنموها، كما في نبات السوسن والزنبق، هذه الجذور تكون عادة لحمية، تنمو عموديا في التربة .

Cordate leaf

ورقة ذات نصل قلبى الشكل.

Cork

فلين، ينشأ عن الكامبيوم الفلينى، بخلاياه ميتة، ذات جدر مسوبرة، محكمة الترتيب لاتوجد بينها مسافات بينية، ومرتبة في صفوف قطرية. والجدر خالية من النقر، قد تكون ذات لون بنى أو أصفر. يرجع اللون الى وجود مواد صمغية أو دباغ في تجويف الخلية . والفلين الناضج غير منفذ للماء أو الزيت، وهو خفيف الوزن.

Cork cambium, phellogen

كامبيوم فلينى، وهو مرستيم جانبي ثانوى، خلاياه من نوع واحد، جدرها القطرية أقصر من المماسية، الخلية ذات فجوات عصارية . ينشأ الكامبيوم الفلينى سطحيا أو عميقا في القشرة وحتى في اللحاء في الساق. بينما ينشأ الكامبيوم الفلينى في الجذر من الطبقة المحيطة . وينشأ عن الكامبيوم الفلينى نسيج واق في سيقان ذوات الفلقتين يسمى البريدرم Periderm يتركب من الفلين إلى الخارج وقشرة ثانوية من صف أو أكثر، من خلايا بارنكيمية الى الداخل.

Corm

كورمة، وهي ساق أرضية، مثل القلقاس، قاعدة ساق، متخصصة تنمو رأسيا في التربة . العقد على هيئة حلقات حول المحور تغلفها أوراق حرشفية في آباطها براعم إبطية عديدة . البرعم الطرفى محاط بقواعد الأوراق. تشاهد كورمات صغيرة Cormel أو Cormlets عند بعض العقد كل منها ينشأ عن نمو برعم إبطى، تشبه الكورمة الأم .

Corolla

التويج في الزهرة، يتركب من بتلات، ملتحمة *Sympetalous* أو سائبة *Polypetalous*. يتنوع شكل ولون البتلات ويرجع اللون إلى وجود البلاستيدات الملونة أو إلى صبغات في العصير الخلوى. خلايا البشرة في البتلات تحتوى كثيرا على زيوت طيارة عبقة الرائحة .

Corona

زوائد ذات شكل ولون مميزين، توجد نامية من التويج أو بين التويج والأسدية . تنتظم في شكل حلقة كما في النرجس وذلك من التويج ، وفي زهرة الساعة يكون التاج في هيئة زوائد ملونة بين التويج والأسدية .

Corpus

البدن ، في نظرية الغطاء والبدن . وهو الجزء المحاط بالغطاء *Tunica* من المرستيم القمى للساق في مغطاة البذور، يشمل مجموعة من الخلايا تنقسم بمستويات مختلفة . وينشأ البدن من بدايات *Initials* منفصلة توجد تحت بدايات الغطاء ، مرتبة في طبقة واحدة .

Cotyledon

الفلقـة ، وتمثـل الورقة الأولى أو الورقتين في جنين البذرة ، تتخصص أحيانا في تخزين غذاء البـادرة . وقـد تظهر فوق سطح التربة لتقوم بعملية البناء الضوئى . وفي العائلة النجيلية تفرز إنزيمات لهضم الاندوسبرم ونقله الى البادرة خلال الانبات .

Cotyledonary sheath

غمد، وهو غطاء فلقى كما في البلح .

Cotylespermous seed

بذرة ذات فلقات خازنة للغذاء .

Crystal sand

رمل بللورى

Cuticle

الأدمة ، وهي طبقة من الكيوتين تترسب فوق خلايا بشرة الأجزاء الهوائية في النبات .

Cuticular pegs

بروزات من الأدمة .

Cystoliths

حويصلات حجرية . وتوجد في خلايا البشرة في أوراق بعض العائلات مثل التوتية *Moraceae*. تتكون الحويصلة الحجرية من عنق من السليلوز عبارة عن إمتداد الجدار الخارجى لخلية البشرة العليا في الورقة . وتوجد الحويصلات الحجرية في عدد من زوائد البشرة مثل الشعرة الخطافية في حشيشة الدينار *Humulus* والقنب *Cannabis*.

Cystoplasmic membranes

أغشية سيتوبلازمية ، توجد على السطح الخارجى للسيتوبلازم والسطح الداخلى محيطا بالفجوة أو الفجوات العصارية .

Deciduous

متساقط الأوراق عند نهاية موسم النمو.

Decussate

متقابل متصالب، وهو أحد نظم توزيع الأوراق على الساق. حيث يوجد عند عقدة الساق زوج من ورقتين متقابلتين يكون عموديا على اتجاه الزوج من الأوراق الذي يعلوه أو يقع أسفله.

Dedifferentiation

إعادة التميز الخلوى، حينما تعاود الخلايا الناضجة نشاطها المرستيمى، كما في حالة الكامبيوم الفلينى الذي ينشأ من خلايا حية ناضجة.

Dehiscence إنفتاح، المتك أو الثمرة بعد النضج.

Deltoid blade نصل مثلث الشكل.

Dentate حافة نصل مسننة، الأسنان عمودية على الحافة.

Derivative cell "Initial cell"

خلية مشتقة من بداية خلوية بعد انقسامها. قد تنقسم الخلية المشتقة مرة أو أكثر قبل أن تصبح من مكونات أحد أنسجة النبات.

Dermatogen

منشىء البشرة، طبقا لنظرية أصل الأنسجة، في كل من الساق والجذر. قد تنشأ منه البشرة والقلنسوة في الجذر فيسمى *Dermatocalyptrogen*.

Development

التكشف، عملية تتضمن التغيرات التي يمر بها النبات أو أى جزء منه منذ نشأته حتى تمام تكوينه، أى الأطوار المتعاقبة لتكوينه.

Diacytic stoma ثغر متعامد الخلايا

Diadelphous طلع ثنائى حزم الأسدية

Diandrous

طلع مكون من سداتين فقط كما في *Veronica*

Diarch

جذر ثنائى حزم الخشب الابتدائى

Dictystele

عمود وعائى شبكى، أسطوانة وعائية تتشقق إلى أشرطة وعائية، كل منها يتركب من خشب يحيط به لحاء.

Didynamous

طلع مكون من أربع أسدية ، زوجان منها طولها مختلف .

Differentiation

التميز الخلوى ، تغيرات موزفولوجية وفسيولوجية تحدث في الخلية النباتية أو النسيج ، من الحالة المرستيمية حتى مرحلة النضج أى التخصص .

Dioecious

نبات ثنائى المسكن ، الأزهار المذكرة على نبات والمؤنثة على نبات آخر مثل نخيل البلح .

Disc flowers

الأزهار الأنبوبية أى القرصية وسط النورة الهامة في معظم نباتات العائلة المركبة .

Distichous أوراق مرتبة في صفين طوليين

Divided

ورقة ذات نصل مقسم تصل فيه تجاويف الحافة حتى العرق الوسطى .

Dorsiventral leaf

ورقة ذات سطحين مختلفين ، يوجد النسيج العمادى تجاه السطح العلوى بينما الإسفنجى تجاه السطح السفلى .

Dorsifixed anther إتصال قمة الخيط في السداه بظهر المتك .

Drupe

ثمرة حسلة ، طرية لحمية ، ذات بذرة واحدة قصرتها رقيقة تغلفها الطبقة الداخلية للغلاف الثمرى ، وهى صلبة متخشبة مثل ثمرة الخوخ والزيتون والمشمش .

Druse

بللورة نجمية تتركب من أكسالات الكالسيوم . بللورة مركبة تتألف من عدة بللورات تبرز شعاعيا من سطحها .

Dry indehiscent fruit

ثمرة جافة غير منفتحة مثل الحبة Caryopsis والفقيرة Achene والبندقة Nut.

Duct

قناة ، تركيب متطاولة ينشأ إما بانفصال الخلايا عن بعضها Schizogenous أو بانقراض وذوبان الخلايا Lyzigenous أو كليهما معا Schizolysigenous

Dwarf stem ساق قزمية ، سلامياتها قصيرة جدا وعقدها متقاربة

Early wood

الخشب المبكر، يتكون في بداية موسم النمو، يسمى أيضا خشب الربيع *Spring wood* فاتح اللون، عناصره الخلوية واسعة.

Ebracteate عديم القنابات

Ectophloic

عمود وعائى أنبوبى يتوسطه نخاع، اللحاء يوجد خارج أسطوانة الخشب.

Elaioplast

بلاستيدة زيتية، نوع من البلاستيدات غير الملونة تختص بتكوين الزيت.

Elliptic blade نصل بيضى الشكل

Emarginate قمة نصل منخفضة.

Embryo

الجنين في البذرة، يتركب من محور جنين وفلقة أو فلقتان، يحتوى الجنين على بداية المجموع الخضرى التي تسمى الريشة وبداية المجموع الجذرى وتسمى الجذير *Radicle*.

Embryo sac

كيس جنينى، تركيب بيضى الشكل يوجد بداخل النيوسيلة، يحتوى في الغالبية العظمى من مغطاة البذور على ثمانى أنوية أحادية التركيب الكروموزومى، ثلاث خلايا سمتية *Antipodal cells* توجد عند الطرف الكلازى، البيضة وخليتان مساعدتان *Synergids* توجد عند الطرف النقيرى، نواتان قطبيتان *Polar nuclei* توجدان في وسط الكيس الجنينى. وتوجد أنواع أخرى من الكيس الجنينى تختلف في عدد ونوع الخلايا التي يتكون منه كل نوع.

Enation نمو خارجى من البشرة

Endarch xylem

طراز من نسيج الخشب الابتدائى تتميز به السيقان في مغطاة البذور. تنضج أوعية الخشب في اتجاه خارجى *Centrifugally*. الخشب الأول *Protoxylem* يوجد في المركز، الخشب التالى *Metaxylem* يكون خارجيا.

Endocarp الطبقة الداخلية من غلاف الثمرة.

Endodermis: (Casparian strip) الاندودرمس (أنظر شريط كاسبر)

Endogenous

داخلى المنشأ، كما في الجذور الجانبية.

Endosperm

الانـدوسبرم، نسيج اختزانى للجنين يوجد في البذرة، ينشأ في الكيس الجنينى نتيجة لعملية الاخصاب. توجد ثلاثة طرز من الاندوسبرم، خلوى Cellular ونووى Nuclear وهيلوبى Hellobial. يستفيد الجنين من الاندوسبرم خـلال مراحـل تكشفـه وعنـد الانبـات.

Endothelium

الـطبقـة الليفية في جدار المتـك، تبـطن البشرة، ذات تغليظ ثانـوى خاص في الجدر الـداخلية والقـطرية. التغلظات على الجدر القطرية تكون عادة في هيئة أشرطة تتجه عموديا نحو البشرة، أما الجدر الداخلية فان التغليظ فيها يكون منتظما أو غير منتظم. أحيانا تكون جدر خلايا هذه الطبقة ذات سمك منتظم قد يختفى بروتوبلاست الخلايا عنـد استكمال جدرها في السمك، أو يبقى حتى نضج المتك. جدار المتك الناضج، عادة، يتركب من البشرة والطبقة الليفية. تشترك هذه الطبقة في انفتاح المتك.

Entire, leaf margin حافة ورقة كاملة

Entomophilous أزهار حشرية التلقيح

Enucleate عديم النواة.

Epiblast

إيبيلاست، زائدة نسيجية صغيرة توجد في أجنة حبوب عدد من النباتات النجيلية، في مواجهة القصعة. أحيانا ينظر إليها باعتبارها فلقة أثرية رغم خلوها من أنسجة وعائية.

Epicotyl

سويقة فوق فلقية، الريشة Plumule في جنين البذرة، وهى البرعم الطرفى الأول لساق النبات.

Epidermis

البشرة، الـطبقـة الخـارجية لأعضاء النبات، صف واحد من خلايا حية، تغطى من الخـارج بطبقـة أدمـة وذلـك في السيقـان والأوراق، كما تحتوى على ثغور في الأعضاء الهـوائية. وفي الجـذور تتكون منها الشعيرات الجذرية، وقد تتكون زوائد Trichomes متنوعة في الشكل والتركيب والوظيفة.

Epigeal germination

إنبات هوائى ، تظهر فيه الريشة الفلقتان فوق سطح التربة نتيجة لاستطالة السويقة تحت الفلقية .

Epipetalous stamens

أسدية فوق بتلية ، تحمل فوق البتلات على السطح العلوى، وتكون ملتحمة معها .

Epiphytes

نباتات معلقة ، هوائية ، تنمو عادة في المناطق الحارة ، ذات جذور هوائية تثبتها في السطح الذي تنمو عليه .

Epithelial cells

خلايا طلائية ، متخصصة فسيولوجيا ، تكسو سطح قصعة جنين النجيليات أو تحيط بتجويف كما في القنوات الإفرازية مثل القنوات الراتنجية Resin ducts والتي توجد في خشب الصنوبر Pinus

Equitant leaves — أوراق قاعدية متراكبة كما في الايرس Iris

Estipulate — ورقة عديمة الأذنات

Exarch xylem

خشب أول خارجي المنشأ ، تتميز به جذور مغطاه البذور. الخشب الأول الخارجي يليه الخشب التالى في اتجاه المركز، ونضج الأوعية يحدث نحو المركز Centripetally.

Extendospermic seed

بذرة خالية من الأندوسبرم ، غذاء الجنين استهلك خلال مراحل تكوينه ، ويخزن الزائد منه في جسمه .

Exine

الجدار الخارجى لحبة اللقاح ، يتركب من طبقتين، الخارجية Extexine والداخلية En-dexine تشاهد الأخاديد والثقوب والزخارف المتنوعة على هذا الجدار.

Exocarp

الطبقة الخارجية لغلاف الثمرة ، يتنوع تركيبها تبعا لنوع الثمرة ، ونوع النبات .

Exodermis

الاكسودرمس ، طبقة واقية ، توجد تحت البشرة في جذور عدد من النباتات ، مثل بعض النجيليات والبصل وبعض ذوات الفلقتين مثل الخس Lactuca والكتان Linum.

وتتركب من صف واحد أو بضعة صفوف من خلايا حية ذات جدر مسوبرة وأحيانا تتلجنن، كثيرا ماكان السوبرين في هيئة صفيحة على السطح الداخلى للجدار الابتدائى. قد تضم نوعان من الخلايا، طويلة، جدرها مسوبرة، وقصيرة غير مسوبرة الجدر تسمى الخلايا الممررة كما في البصل Allium.

Extrafloral nectaries
غدد رحيقية توجد على الأجزاء الخضرية للنبات.

Extrose dehiscence
انفتاح خارجى في المتك.

Farinaceous

*يحتوى على النشا، أحيانا يستخدم هذا المصطلح ليدل على سطح مغطى بطبقة دقيقية المظهر، كما في أوراق نبات **Primula**.*

Fascicular cambium

كامبيوم حزمى، يوجد بين الخشب واللحاء في الحزمة الوعائية، ينشأ عن الكامبيوم الأول.

Feeder roots

جذور مغذية، الفريعات الدقيقة في المجموع الجذرى rootlets التي لم يحدث فيها نمو ثانوى، وهى سهلة التكسر قصيرة العمر تقوم بامتصاص محلول التربة. يفقد الكثير من هذه الجذور في الشتاء.

Fertilization

عملية الاخصاب، تسمى الاخصاب المزدوج في مغطاة البذور، تتضمن إتحاد إحدى المشيجتين المذكرتين مع البيضة Ovule لتكوين اللاقحة Zygote وإتحاد المشيجة الاخرى مع النواة الوسطية المندمجة لتكوين نواة الإندوسبرم.

Fiber cell

ليفة خلية متطاولة، إسكلرنيكيمية، مستدقة ذات جدر سميكة ملجننة ثانوية، ذات فجوة ضيقة، قد تحتوى على بروتوبلاست عند النضج. هناك مايسمى الألياف الاقتصادية Economic fibers أو الألياف النباتية Vegetable fibers تضم ثلاثة طرز: ألياف سطحية، ألياف لحائية، ألياف ورقية.
الليفة Fiber من الناحية التجارية عبارة عن خيط يتركب من عدد من الخلايا الليفية ملتحمة طرفا بطرف في صف طولى.

Fiber tracheid

قصيبة ليفية، قصيبة تشبه الألياف، توجد في نسيج الخشب، ذات جدر سميكة

ملجننة، أطرافها مدببة، النقر تكون مضفوفة نوعا. القصيبات الليفية تكون أطول من القصيبات في نفس النبات. قد تكون القصيبات الليفية مجزأة ذات حواجز عرضية تنشأ عقب تكوين الجدار الثانوى.

Fibrous root system

مجموع جذرى عرضى، ليفى، يتركب من عديد من الجذور العرضية الرفيعة، تنمو من عقد الساق القريبة من سطح التربة ومن قواعد الأفرع كما في النجيليات.

Filament
خيط السداة ينتهى من أعلاه بالمتك.

Filiform
خيطى، رفيع وطويل.

Filling tissue

نسيج مالىء، يوجد في العديسة Lenticel. ينشأ من الكامبيوم العديسى Lenticel phellogen ويسمى أيضا Complementary tissue. هذا النسيج المالىء يشمل أيضا الخلايا البارنكيمية التي توجد حول الغرفة الهوائية للثغر وانقساماتها في شتى المستويات، وغيرها الناتجة عن الكامبيوم العديسى، خلايا النسيج المالىء تكون مسوبرة أو غير مسوبرة. وبازدياد مقدار هذا النسيج يضغط على البشرة في الساق فيمزقها ويظهر على السطح الأمر الذي يؤدي الى موت الخلايا السطحية حيث تستبدل بأخرى ناتجة عن الكامبيوم العديسى.

Floral meristem

المرستيم الزهرى، تنشأ منه جميع محيطات الزهرة.
وينشأ عن المرستيم القمى بعد تحوله من الحالة الخضرية الى الزهرية. عادة، يتوقف المرستيم الزهرى عن النشاط بعد نشأة جميع الأعضاء التكاثرية.

Floral nectary
غدة رحيقية زهرية، توجد على أجزاء الزهرة.

Floret

زهرة صغيرة، تستخدم للتعبير عن الأزهار في العائلة المركبة والعائلة النجيلية.

Foliaceous

تشبه الأوراق، مثل سبلات الكأس والقنابات، وأحيانا الأذينات كما في البازلاء.

Follicle

ثمرة جرابية، جافة منفتحة، تنشأ عن كربلة واحدة، تحتوى على عدة بذور. تنفتح على خط التحام واحد، إما التدريز البطنى Ventral suture مثل Aquilegia أو الظهرى Dorsal suture كما في ماجنوليا Magnolia. وتعتبر هذه الثمرة الطراز البدائى التكوين.

Free central placentation

وضع مشيمي مركزي سائب (أنظر placentation)

Fundamental tissue

النسيج الأساسي، خلافا للبشرة والحزم الوعائية في الساق والجذر.

Funiculus

الحبل السرى، عنق تتصل به البويضة بالمشيمة في جدار المبيض، يمتد فيه النسيج الوعائى للبويضة.

Funnel form

قمعى الشكل، كما في تويج العائلة العلاقية Convolvulaceae.

Fusiform

مغزلى الشكل، ضيق من الطرفين ومنتفخ في الوسط.

Fusiform initial

خلية مغزلية، إنشائية، توجد في الكامبيوم الوعائى، ينشأ عنها عناصر الجهاز المحورى في الخشب الثانوى واللحاء الثانوى.

Gamopetalous "Sympetalous" تويج ملتحم البتلات

Gamosepalous كأس ملتحم السبلات

Gelatinous fiber ليفة جيلاتينية الجدر، خالية من اللجنين.

Generative nucleus

النواة التناسلية، التي تنقسم الى مشيجتين ذكريتين. توجد هذه النواة في حبة اللقاح يحيط بها غشاء سيتوبلازمى. قد يحدث الانقسام في حبة اللقاح أو في أنبوبة اللقاح بعد التلقيح.

Germination of seeds

إنبات البذور حيث يعرف بظهور أى جزء من اجزاء الجنين خارج القصرة إذا كانت الظروف ملائمة للانبات.

Glabrous سطح لاتوجد عليه شعور

Glandular hair

شعرة غدية، ذات رأس، وحيدة أو عديدة الخلايا، غدية تفرز مواد معينة. عادة تحمل على عنق من خلايا غير غدية.

Glochid

تجمع من أشواك صغيرة جدا، كما في كثير من أنواع العائلة الشوكية . Cactaceae.

Glume

قنبعة، قنابة عقيمة، إحدى القنابتين العقيمتين عند قاعدة السنيبلة *Spikelet* في النجيليات .

Grana

تراكيب توجد في البلاستيدة الخضراء تتركب من أغشية حاملة لجزيئات الكلوروفيل والكاروتينويدات المرتبطة بالبناء الضوئى .

Ground meristem

مرستيم النسيج الأساسى، مشتق من المرستيم القمى، وينشأ عنه الأنسجة الأساسية أو الحشوية، خلافا للبشرة والبريدرم والأنسجة الوعائية .

Growth

النمو، زيادة غير عكسية في الحجم مصحوبة بزيادة عدد الخلايا وحجمها نتيجة لتخليق ذاتى للبروتوبلازم، ويمكن اعتبار النمو الزيادة الثابتة في حجم أو وزن النبات أو فيهما معا . وقد يصاحب الزيادة في الحجم نقص في الوزن كما في البادرة حيث يقل وزنها عن وزن البذرة، إلا أن هناك تكوين خلايا جديدة وأعضاء، أى تخليق للبروتوبلازم، مع زيادة الحجم.

Guard cells

خلايا حارسة في الثغور، يتركب الثغر من خليتين حارستين بينهما فتحة تمر فيها الغازات، وتتحكم الخليتان الحارستان في فتح وغلق الفتحة الثغرية .

Gum duct

غدة تحتوى على صمغ ينتج عن تحطم خلايا النبات لا سيما مكوناتها الكربوهيدراتية .

Gynoecium

المتاع في الزهرة، يتركب إن وجد، من كربلة واحدة أو أكثر، تكون منفصلة أو ملتحمة . الكربلة النموذجية تتركب من مبيض وميسم بينهما القلم .

Gynostegium

العمود *Column* في زهرة الأوركيد يتكون من التحام الأسدية والقلم والميسم .

Halophytes

نباتات الأرض الملحية .

Hardwood

خشب جامد، تنتجه أشجار ذوات الفلقتين

Hastate

نصل ورقة مزراقى الشكل Halpered-shaped فصا قاعدته يكونان أفقيان ومتجهان نحو الخارج، ضيقان ومدببان.

Haustoria

ممصات، أعضاء الامتصاص للنباتات المتطفلة. قد يقوم الاندوسبرم في الكيس الجنينى، بعد الاخصاب، بتكوين ممصات تخترق الكيس الجنينى وقد تصل الى الكلازا والحبل السرى لتمتص الغذاء للجنين النامى وأحيانا، ينمو من المعلق Suspensor ممصات طويلة تمتص الغذاء للجنين.

Head "capitulum"

نورة هامة، كما في نورات العائلة المركبة. محور النورة قصير، قرصى يحمل أزهارا صغيرة جالسة، اما أن تكون كلها متشابهة، أو تكون الخارجية ذات تويج لسينى تسمى أزهار شعاعية Ray florets ذات قنابات خضراء تحيط بالنورة تسمى قلافة Involucre. الأزهار الداخلية تسمى الأزهار القرصية Disc florets وهى أنبوبية الشكل، خنثى، الطلع خمس أسدية فوق بتلية، خيوطها سائبة بينما متوكها تكون ملتحمة مكونة أنبوبة متكية. والمبيض مسكن واحد، يحمل قلما ينتهى بميسم ذى فصين.

Helical "spiral" thickening

تغليظ حلزونى في جدر الوحدات الناقلة للماء، الأوعية والقصيبات، يترسب على الجدر الابتدائية أو الثانوية.

Hypanthium

تخت فنجانى الشكل، ينشأ من التحام الغلاف الزهرى مع الطلع في الزهرة، يحمل على قمته، الكأس والتويج والطلع. ويسمى أحيانا أنبوبة الكأس Calyx tube. وهي تسمية خاطئة.

Hypocotyl

سويقة تحت فلقية، جزء الجنين أو البادرة الذي يقع بين الجذر الابتدائى ومنطقة اتصال فلقتى الجنين.

Hypodermis

تحت البشرة، صف أو أكثر من خلايا توجد تحت البشرة إذا كانت تختلف مورفولوجيا عن الخلايا الأخرى التي تتكون منها القشرة. ويعتبر الاكسودرمس نوعا من الـ Hypodermis في الجذر.

Hypogeal germination

إنبات أرضى ، طراز من طرازى الإنبات ، تبقى فيه الفلقة أو الفلقتين تحت سطح التربة داخل البذرة . الريشة تظهر فوق سطح التربة نتيجة لاستطالة السويقة فوق الفلقية .

Hypophesis

الخلية العليا من المعلق ينشأ منها جزء من الجذر وقلنسوته في مغطاة البذور.

Idioblast

خلية غريبة ، توجد في نسيج ، وتختلف عن غيرها من خلايا النسيج في الشكل والحجم والمحتويات .

Imparipinnate ورقة مركبة ريشية ينتهى محورها بوريقة طرفية

Indehiscent غير منفتح ، كما في بعض الثمار.

Inferior ovary مبيض سفلى يوجد تحت مستوى بقية المحيطات الزهرية .

Initials

بدايات خلوية أو خلايا إنشائية توجد في المرستيمات . بالانقسام الخلوى تعوض نفسها وفي نفس الوقت ينتج عنها خلايا مشتقة ، تنقسم مرة أو أكثر قبل أن تصبح من مكونات الأنسجة الابتدائية في النبات .

Integument

غلاف بويضى . تحاط البويضة في مغطاة البذور بغلاف واحد أو غلافين . في حالات نادرة ، تكون البويضة عارية بدون غلاف .

Integumentary tapetum

في البويضة ، البشرة الداخلية لغلاف البويضة الداخلى ، تتركب من خلايا غنية بالمحتويات ، يبدو أن لها دور في تغذية الجنين خلال مراحل تكشفه .

Intercalary meristem

مرستيم بينى أشتق من المرستيم القمى ، ويوجد على مسافة منه ، يؤدى الى استطالة السلاميات في الساق . عادة يوجد فوق العقد أو عند قمة الحامل المتاعى ، يوجد عادة بين أنسجة ناضجة .

Intercalary growth

النمو البينى ، هذا النمو يحدث بانقسام الخلايا التي انفصلت عن المرستيم القمى ، المرستيمات البينية .

Intercellular space

مسافة بين الخلايا في النسيج ، يختلف منشأها ، فقد تكون إنقراضية أو انفصالية أو إنقراضية إنفصالية .

Interfascicular cambium

الكامبيوم بين الحزمى ، جزء الكامبيوم الوعائى الذي ينشأ في المناطق بين الحزم الوعائية والتي يطلق عليها اسم الأشعة النخاعية *Pith rays* في سيقان ذوات الفلقتين .

Internal phloem

لحاء داخلى ، لحاء ابتدائى يوجد الى الداخل من نسيج الخشب ، وينشأ متأخرا نوعا عن اللحاء الخارجى ويماثله في التركيب ، غير أنه لا يزداد مقداره بنشاط الكامبيوم .

Interxylary phloem

لحاء في داخل نسيج الخشب ، عبارة عن أشرطة أو طبقات بداخل الخشب الثانوى في بعض ذوات الفلقتين . هذه الطبقات تكون متبادلة مع أخرى من الخشب ، أما الأشرطة فانها تكون محاطة بنسيج الخشب .

Introse انفتاح المتك داخلى تجاه وسط الخلية .

Intrusive growth

نمو توغلى ، أحد طرز النمو حيث تتوغل الخلية بين غيرها من الخلايا التي تنفصل عن بعضها على امتداد الصفيحة الوسطى أمام الخلية المتوغلة .

Intussusception wall growth

نمو جدر الخلية في السمك بطريقة التداخل ، حيث تتداخل مواد الجدار الجديدة بين أجزائه السابقة ، وذلك خلال فترة الزيادة في الرقعة السطحية *Surface area*.

Inverted vascular bundle

حزمة وعائية مقلوبة ، يصبح الخشب خارجيا بينما اللحاء داخلى .

Involucel

قليفة ، تتركب من محيط أو أكثر من قنيبات كما في العائلة الخيمية ، حيث توجد عند قاعدة أعناق أزهار النورة الخيمية البسيطة . يمكن اعتبارها قلافة ثانوية *Secondary involucer*.

Involute leaf ورقة ملتفة النصل تجاه السطح العلوى .

Isobilateral leaf

ورقة متماثلة الجانبين تشريحيا ، توجد البارنكيما العمادية على جانبى النصل بينهما البارنكيما الاسفنجية .

Isodiametric

منتظمة الشكل، أقطارها متماثلة في الطول .

Keel "Carina"

الـزورق، تركيب متميز في زهـرة العـائلة الفراشية، ناتج عن التصاق جزئى البتلتين الأماميتين للزهرة، يحتوى بداخله على الأسدية والكربلة .

Labellum

شفة، مصطلح يطلق على البتلة الوسطى في المحيط الداخلى للغلاف الزهرى في العائلة الأوركيدية . هذه البتلة تختلف في شكلهـا وحجمهـا عن جارتها، وتأخذ شكل شفة . أحيانا، تكون صغيرة وضيقة، وقد يكون طرفها ثلاثى التجزؤ. وقد تكون هذه الشفة مشابهة في شكلها للبتلتين المجاورتين لها .

Labiate corolla

تويج شفوى، كما في العائلة الشفوية، والتويج في هذه العائلة يتركب من شفتين، العليا بتلتان عادة، بينما السفلى ثلاث بتلات .

Lacunar collenchyma

كولنكيما أنبوبية، التغليظ الزائد في الجدر يتركز على الأجزاء التي تحيط بالمسافات البينية بين الخلايا .

Lamellar collenchyma

كولنكيما صفائحية، التركيز الزائد في الجدر يكون في هيئة صفائح على الجدر المماسية للخلايا .

Lanceolate blade

نصل رمحى الشكل، يشبه رأس الرمح كما في أوراق الكافور.

Lateral root

جذر جانبى، ينشأ على جذر آخر.

Latex

لبن نباتى، سائل لزج، أبيض اللون غالبا، يحتوى على مواد عضوية مثل السكريات والنشا والبروتينات، كما يحتوى على أحماض عضوية وصموغ وراتنجات . أحيانا يحتوى على مطاط . اللبن النباتى يكون عادة أبيض اللون، أو بنى مائل الى الاصفرار أو أحمر كما في ريزومـات نبـات عرق الـدم Sanguinaria. يوجد في تراكيب متخصصة تسمى تراكيب اللبن النباتى Laticifers.

Laticifer cell

خلية لبنية، تكون في هيئة قناة، تكون غير متفرعة، وقد يتكون عنها جهاز ضخم متفرع

في جسم النبـات . نواة الخلية تستمـر في الانقسـام دون تكوين جدر عرضية فاصلة ، وبـذلـك يصبـح هذا الجهاز عديد الأنوية . يبدأ تكوين هذه الخلية في جنين البذرة ، وتستمر في النمو والتفرع في البادرة حتى مرحلة النبات الكامل .

Laticifer vessel "articulated laticifer"

وعاء لبن نباتى مفصلى ، يتكون من سلسلة طويلة من الخلايا المتطاولة ، تلاشت الجدر العرضية بينها أو بقيت ، أو كانت مثقبة . الحالة الأولى والأخيرة تجعل هذا التركيب يشبه الـوعـاء في نسيج الخشب ، واذا تلاقت جدر الأوعية اللبنية معـا فان الجدر المتلاصقة تصبح مثقبة . اذا كانت الأوعية متباعدة عن بعضها ، تحولت بعض الخلايا البارنكيمية فيما بينهـا الى وصـلات لبن نبـاتى تصـل الأوعية بعضها ببعض بعد امتصاص الجدر الفاصلة . نتيجة لذلك ينشأ جهاز متفرع من أوعية لبن نباتى . أوعية اللبن النباتى ذات جدر غير منتظمة السمك ، وقد تنشأ في الجدر بروزات داخلية .

Leaf buttress

ركيزة الـورقـة ، بروز جانبى ينشـأ عنـد قاعـدة المـرستيم القمى للساق يمثل المرحلة الانشائية في تكوين بداية الورقة الخضراء خلاياه مرستيمية نشطة في الانقسام .

Leaf gap

منطقة العقدة فوق مسار الورقة *Leaf trace* خالية من النسيج الوعائى . تشاهد الثغرة الـورقية عندما يميل مسار الورقة عن الجهاز الوعائى للساق في اتجاه عنق الورقة . قد يكون لكل مسار ورقة ثغرة واحدة ، وأحيانا ، توجد ثغرة واحدة لمسارى الورقة . الأوراق ذات القـاعـدة المغلفـة للساق تكون ذات عدة مسارات ورقية وثغرات ورقية ، كما أن معـظم النبـاتات ذات الثلاث ثغرات ورقية توجد لأوراقها أذنات ، بينما معظم ذوات الثغرة الواحدة تكون عديمة الأذنات .

Leaf primordium

بداية الورقة ، تنشأ في مغطاة البذور ذوات الفلقتين من المرستيم القمى للساق . منطقتا النمـو في المـرستيم القمى لمغـطاة البـذور ، الغـطـاء والبـدن ، يتباين اشتراكهما فـي تكويـن بداية الورقة .

Leaf sheath

غمد الورقة ، الجزء القاعدى من الورقة الذي يحيط بالساق كما في أوراق النجيليات . أحيانـا ، يوجد غشاء شفاف بين النصل والغمد يسمى اللسين *Ligule*. في نبات عصا الراعى *Polygonum* يكون الغمد قصيرا يتركب من تحور والتحام أذنتى الورقة .

Leaf trace

مسار الورقة، عند عقد الساق في مغطاة البذور، تنحرف حزمة وعائية أو أكثر عن مسارها متجهة نحو الورقة التي توجد عند العقدة. اذا تحدد مسار هذه الحزم في الساق وجد أنها تسير منفصلة لمسافات مختلفة، تندمج بعدها مع الأنسجة الوعائية للساق. الحزمة الوعائية التي تمتد لمسافة، في الساق وترتبط بالورقة مباشرة، تسمى مسار الورقة. وبعبارة أخرى، مسار الورقة هو الجزء الوعائي الذي يمتد بين قاعدة الورقة ومنطقة اندماجه بالجهاز الوعائي للساق. قد يدخل الورقة مسار وعائي واحد أو أكثر. ويرى البعض، أن جميع الحزم الوعائية التي ترتبط بالورقة تعرف مجتمعة باسم مسار الورقة، وتعتبر الحزمة الوعائية بذلك جزءا من هذا المسار.

Lenticel

عديسة، تركيب متخصص في البريدرم، يشاهد على السيقان في هيئة شقوق عرضية أو طولية قصيرة، أو عديسية الشكل، داكنة اللون. أحيانا، توجد العديسات على الثمار في هيئة نقط داكنة كما في الكمثرى. قد تكون العديسة دقيقة جدا، أو يصل طولها الى حوالى سنتيمتر أو أكثر. تشاهد العديسات أيضا على الجذور التى يتكون فيها بريدرم. والعديسات هى وسيلة التبادل الغازى بين المحيط الخارجى للنبات وأنسجته الداخلية. تنشأ العديسة من الكامبيوم الفليني العديسى *Lenticel phellogen*. النسيج الذي تتركب منه العديسة يسمى النسيج المالىء يتركب من خلايا ذات جدر رقيقة مسوبرة أو غير مسوبرة، ومفككة بينها مسافات بينية، تترتب في بضعة صفوف.

Leucoplast

بلاستيدة عديمة اللون، عضى تركيبى بروتوبلازمى، يتميز فيها نوعان، بلاستيدة نشوية *Amyloplast* وأخرى زيتية *Elaioplast*.

Lianous

نبات متسلق ساقه خشبية.

Libriform fibers

ألياف خشب لحائية، تشبه ألياف اللحاء، توجد في نسيج الخشب. الجدر ثانوية سميكة ملجننة، أكثر سمكا من جدر القصيبات، ذات نقر بسيطة، تجويفها في هيئة قناة ضيقة تمتد بين تجويف الخلية وغشاء النقرة. هذه الألياف هى أكثر الخلايا طولا في نسيج الخشب، وأقصرها القصيبات، وبينها القصيبات الليفية. قد تكون هذه الألياف مجزأة بحواجز عرضية، وقد تحتفظ بالبروتوبلاست وتقوم بتخزين النشا والزيوت، فهى بذلك تشبه بارنكيما الخشب في الوظيفة.

Ligulate corolla

تويج شريطي أو لسيني كما في الزهرة الشعاعية لنبات تباع الشمس.

Light line

الخط الضوئي، منطقة متميزة في البشرة الخارجية للعقدة في بذور العائلة الفراشية. هذه البشرة تتألف من اسكلريدات عمادية Macrosclereids ذات جدر سميكة زائدة التلجنن والتكوتن، غير منتظمة في السمك.

وتكسى هذه الخلايا من الخارج بطبقة سميكة من الكيوتين. الخط الضوئي يقع تحت طبقة الكيوتين عند الحدود الطرفية للاسكلريدات العمادية، في هيئة طبقة فاتحة اللون كاسرة للأشعة، شفافة، كشريط يمتد عرضيا على محور الخلية الطولى، وينشأ بترسيب حبيبات دقيقة من الشمع. يقوم الخط الضوئي بمنع نفاذية القصرة للماء والغازات.

Lignification

تلجنن، ترسيب مادة اللجنين في جدر الخلايا

Lignin

لجنين، مادة فنيولية معقدة التركيب ذات محتوى عال من الكربون تكسب الجدر الخلوية متانة وصلابة، وتكون مرافقة للسليلوز في الجدر الثانوية، ويبنى في جدار الخلية الحية.

Linear

خيطي، طويل وضيق، الحافتان متوازيتان تقريبا، في نصل أوراق النجيليات.

Lithocyst

خلية الحويصلة الحجرية Cystolith كبيرة الحجم

Loculicidal

انفتاح مسكني في الثمرة العلبة في منطقة وسطية بين حواجز الثمرة.

Lodicule

تركيب لحمي نوعا يسمى فليسة، يتراوح العدد بين ١-٣ توجد عند قاعدة المبيض في أزهار النجيليات، يرجح أنها تمثل غلاف زهري مختزل، وهي متقاربة جدا من بعضها، أحيانا توجد شعور دقيقة عند قمتها. تنتفخ خلال عملية التلقيح، الأمر الذي يرجح اشتراكها في تفتح الزهرة.

Loment

ثمرة قرظة، بقولية، غير منفتحة، تتميز بوجود إختناقات فيها بين أماكن وجود البذور تقابلها حواجز كاذبة عند النضج، قد تبقى الثمرة كما هي في الفول السوداني أو تتجزأ كما في السنط إلى أجزاء كل منها يحتوي على بذرة واحدة.

Lysigenous intercellular space

إنقراضية ، تطلق على مسافة بينية ناتجة عن إنقراض الخلايا وتحطمها .

Macrofibril

لويفة كبيرة ، إحدى مكونات الجدار السليلوزى، عبارة عن تجمع من لويفات دقيقة Microfibrils يمكن رؤيتها بالمجهر الضوئى .

Marcosclereid

إسكلريدة عمادية الشكل، ذات جدر سميكة ، غير منتظمة السمك ، شائعة في قصرة بذور العائلة الفراشية (انظر الخط الضوئى) .

Margnial initials

بدايات حافية ، خلايا إنشائية توجد على إمتداد حافتى نصل الورقة النامية ، يتألف منها المرستيم الحافى Marginal meristem في كل من الحافتين، ينشأ عنها نصل الورقة .

Medullary vascular bundles

حزم وعائية نخاعية ، توجد منتشرة في نخاع سيقان بعض العائلات النباتية . أحيانا ينفصل اللحاء الداخلى عن الحزم الوعائية ويوجد في مجموعات في النخاع . في بعض النباتات ، توجد حزم وعائية في القشرة تسمى الحزم القشرية Cortical bundles. أحيانا ، كما في العائلة القرعية ، توجد أشرطة من الأنابيب الغربالية في النسيج الأساسى بين الحزم الوعائية والبشرة .

Medullary rays

أشعة نخاعية ، توجد بين الحزم الوعائية في السيقان ذوات الفلقتين .

Mericap

ثميرة ، تمثل نصف ثمرة جافة منشقة shizocarp خيمية Cremocarp وتنشق الثمرة الى ثميرتين عند النضج .

الثمرة غير منفتحة بها بذرة واحدة ، تتميز بها العائلة الخيمية . يوجد على سطح الثمرة خمسة ضلوع بارزة تمتد بطول الثمرة ، بكل منها حزمة وعائية . التجاويف بين الضلوع يوجد بها قنوات زيت . والبذرة إندوسبرمية غنية بالزيت .

Meristem

مرستيم، نسيج متخصص في إنشاء خلايا جديدة بالإنقسام الخلوى غير المباشر. خلاياه تخلد نفسها ، بينما المشتقات الناتجة عن الإنقسام تمر بمراحل مورفولوجية وفسيولوجية حتى تصبح إحدى مكونات نسيج من النبات . والمرستيمات إما قمية ، أو جانبية ، أو بينية .

Mesocotyl

السلامية الجنينية التي تقع بين عقدتى القصعة وغمد الريشة في جنين العائلة النجيلية، تسمى أيضا السلامية الأولى، وتتميز بوجود مرستيم بينى عند قمتها، يؤدى الى استطالتها خلال الإنبات، فيظهر غمد الريشة محيطا بالريشة فوق سطح التربة.

Mesophyll

النسيج المتوسط في الورقة، يقع بين البشرتين العليا والسفلى. في أوراق ذوات الفلقتين يضم البارنكيما العادية والبارنكيما الإسفنجية، أما في ذوات الفلقة فهو يتكون من بارنكيما اسفنجية فقط. البارنكيمية العادية تتركب من صف واحد واحيانا صفين. في النباتات الصحراوية وجدت البارنكيمة العادية على جانبى سطح الورقة كثيرا. تحتوى خلايا النسيج المتوسط على بلاستيدات خضراء، فهو المتخصص في عملية البناء الضوئى والتنفس والنتح عن طريق ثغور البشرة. وقد يحتوى النسيج المتوسط على اسكلريدات.

Micelles

ميسيلات، أجزاء من اللويفات الدقيقة للسليلوز، تكون جزيئات السليلوز فيها مرتبة بالتوازى مع بعضها البعض.

Microfibril

لويفة دقيقة، في جدار الخلية، تتركب من جزيئات السليلوز، لاترى إلا بالمجهر الإلكترونى، تتجمع أعداد منها فتتكون لويفة كبيرة.

Micron

الميكرون = $\frac{١}{١٠٠٠}$ ملليمتر = ١٠ ألاف انجستروم

Millimicron

المليميكرون = $\frac{١}{١٠٠٠}$ ميكرون

Monadelphous

أسدية ملتحمة الخيوط في حزمة واحدة.

Monochlamydous flower

زهرة وحيدة الغطاء

Monocolpate pollen grain

حبة لقاح وحيدة الأخدود

Monecious

نبات وحيد المسكن، الأزهار وحيدة الجنس، توجد الأزهار المذكرة والمؤنثة على نفس النبات مثل الذرة والخروع.

Monogenous flower

زهرة وحيدة الكربلة.

Multiple epidermis

بشرة متضاعفة، عديدة الطبقات الخلوية، توجد في الأوراق والسيقان والجذور، عديدة الصفوف Multiseriate الطبقة الخارجية هى البشرة الحقيقية. يتراوح عدد الطبقات بين ٢-٦ توجد في العائلة التوتية، ومعظم أنواع جنس Ficus والعائلة الفلفلية، Peperomia وفي ذوات الفلقة الواحدة كما في النخيل. ويعتبر الحجاب الجذرى Velamen نوع من هذه البشرة.

Mycorrhiza

الجذر فطر، اتحاد تكافلى بين جذر نبات وفطر، قد يكون هذا الإتحاد الخارجى Ectotrophic تحيط هيفات الفطر بجذر النبات، أو الداخلى Endotrophic حيث تتغلغل هيفات الفطر داخل الجذر. الجذر والفطر يتبادلان المنفعة. هذا التجمع شائع بين مغطاه البذور الشجرية والعشبية. ومثل هذه الجذور تكون صغيرة، قلنسواتها محطمة نتيجة لوجود الفطر

Naked flower

زهرة عارية، عديمة الغلاف الزهرى.

Navicular glume

قنبعة زورقية الشكل، في النجيليات.

Nectar

الرحيق، محلول سكرى تفرزه غدد رحيقية يكثر وجوده في الأزهار حشرية التلقيح، قد يحتوى على سكر السكروز والجلوكوز والفركتوز، وأحيانا يحتوى على بروتينات ومواد مخاطية، يتراوح تركيز الرحيق بين ٣-٨٧٪.
كما يتراوح مقدار الرحيق المفرز في اليوم الواحد بين ١٣ ر-٢٦٨ ملليجرام. ويعتبر مقدار السكريات في النبات يمثل أهم العوامل التي تؤثر في إفراز الرحيق.

Nectary

غدة رحيقية، تركيب خلوى، عديد الخلايا الإفرازية، تكون كثيرا في هيئة بروزات أو حراشيف أو نقر. توجد الغدد الرحيقية في الأزهار Floral nectaries أو على أجزاء النبات الخضرية. وقد يفرز الرحيق من قواعد الأسدية، أو تكون الغدة الرحيقية في هيئة قرص

أو حلقة تحت الأسدية أو المبيض، أو من شعور عديدة الخلايا . وقد توجد الغدة الرحيقية عند قمة المبيض في هيئة تركيب انبوبى أو قرصى . في بعض العائلات، تكون الغدة عبارة عن أسدية متحورة أو عقيمة . قد تكون في هيئة جيوب عميقة في جدار المبيض ذات قنوات موصلة الى السطح . يستمد الرحيق من اللحاء الذي تصل عناصره قريبا من خلايا النسيج الإفرازى للغدة الرحيقية، التي قد تكون سطوحا مفرزة الى تراكيب غدية متخصصة . وأحيانا تقوم الثغور بإخراج الرحيق المفرز.

Netted, reticulate, venation

تعريق شبكى، يتميز به نصل الورقة في معظم ذوات الفلقتين، العروق **Veins** تكون متدرجة في التفرع ومتشابكة . وهو إما ريشى *Pinnate* أو راحى *Palmate*.

Neutral flower

زهرة محايدة، تحتوى على التويج فقط .

Nodal diaphgram

حاجز العقدة، نسيج يوجد في منطقة العقدة في السيقان المجوفة، أفقى يمتد في وسط العقدة، يمثل النخاع .

Node

العقدة، في الساق، جزء الساق الذي تتصل به ورقة أو أكثر، الجزء الواقع بين سلاميتين . تختلف العقدة في تركيبها التشريحى عن ساق نفس النبات نظرا لوجود مسارات الأوراق والأفرع . بالاضافة الى إختلاف تركيب الحزم الوعائية في العقدة عنه في الساق . وتصنف العقد في النباتات ذوات الفلقتين الى أربعة طرز:

(١) عقدة ذات ثغرة واحدة ومساران لكل ورقة *Two-trace unilacunar*
(٢) عقدة ذات ثغرة واحدة ومسار واحد لكل ورقة *One-trace unilacunar*
(٣) عقدة ذات ثلاث ثغرات وثلاثة مسارات للورقة *Three-trace unilacunar*
(٤) عقدة عديدة الثغرات وعديدة المسارات للورقة *Multilacunar*

Nonconducting phloem

اللحاء المتوقف عن التوصيل، يطلق على جزء اللحاء الذي تتوقف فيه العناصر الغربالية عن القيام بوظيفتها . من العلامات التي توضح توقف العناصر الغربالية عن التوصيل تغطية المساحات الغربالية بمادة الكالوز أو خلوها منه حيث يختفى في العناصر المتوقفة المسنة، وقد تختفى محتوياتها، أو تتحطم كليا أو جزئيا . وبالاضافة الى ذلك، فان الخلايا المرافقة وبعض الخلايا البارنكيمية قد تتحطم . قد تتحول الخلايا البارنكيمية في هذا اللحاء الى ألياف أو اسكلريدات، ويزداد عدد البللورات فيه . يؤدى تكوين الكامبيوم

الفلينى الى تحديد مدى إتساع هذا اللحاء المتوقف عن التوصيل. اذا نشأ الكامبيوم الفلينى سطحيا، كانت منطقة اللحاء عريضة، إما إذا نشأ الكامبيوم الفلينى سنة بعد أخرى في طبقات متتابعة في اللحاء الى الداخل، فان ذلك يمنع تراكم هذا اللحاء في طبقات سميكة.

Nonstoried cambium

كامبيوم غير طبقى، وهو طراز من الكامبيوم الوعائى لاتترتب فيه البدايات المغزلية في طبقات أفقية وتتراكب نهاياتها فوق بعضها البعض. والبدايات المغزلية تكون طويلة.

Nucellus

النيوسيلة، النسيج الأساسى في البويضة يحتوى بداخله على الكيس الجنيني ويحاط بغلاف أو غلافين.

Nuclear endosperm

اندوسبرم نووى، طراز من طرز الإندوسبرم تنقسم فيه نواة الإندوسبرم عدة إنقسامات بدون تكوين جدر خلوية. تنشأ الجدر في مرحلة متأخرة بعد تكوين عديد من الانوية.

Nuclear membrane

غلاف النواة، غلاف مزدوج الأغشية، كل منها عبارة عن وحدة غشائية. يتميز هذا الغلاف بوجود ثقوب دقيقة تصل محتوياتها النواة بالسيتوبلازم، كما توجد إمتدادات منه تتصل بالشبكة الإندوبلازمية.

Nut

ثمرة بندقة، جافة غير منفتحة، غلافها الثمرى خشبى، ذات بذرة واحدة تغلفها قصرة رقيقة.

Obcordate blade

نصل قلبى الشكل مقلوب، قمة النصل ذات فصين عميقين

Obdiplostemonous

طلع ثنائى السوار من الأسدية، أسدية المحيط أو السوار الخارجى تكون في مواجهة البتلات. توجد طرز أخرى لتركيب الأسدية تبعا لعدد محيطاتها ولوضعها بالنسبة للبتلات منها: (١) طلع الأسدية في المحيط الخارجى متبادلة مع البتلات *Diplostemonous* (٢) طلع الأسدية في أكثر من محيطين *Polystemonous* (٣) طلع الأسدية في محيط واحد *Haplostemonous*.

Obovate blade

نصل بيضى الشكل مقلوب، طرفه أكثر إتساعا من قاعدته.

Obturator

تضخم أو بروز صغـير في جدار المبيض قريبا من منطقة الكلازا، أو من قمة الغلاف الخـارجي للبـويضة فوق منطقة النقير، وقد يغلفه جزئيا. يتركب من خلايا بارنكيمية مفككة، يوجد شائعا في كثير من أجناس العائلة الوردية مثل *Pyrus* و *Prunus*.

Obtuse leaf apex

قمة نصل مستديرة الشكـل.

Ocrea

غمد يحيط بالعقدة في الساق ينشأ عن إلتحام أذنتى الورقة تسمى الأذينات الغمدية **Ocreate stipules** كما في العائلة العلاقية.

Oligandrous androceium

طلع قليل الأسدية.

Oligospermous

قليل البذور.

Ontogeny

النشوء التكوينى، يوضح تاريخ حياه نبات إبتداء من اللاقحة حتى تكوين الأمشاج في الزهرة، كما يوضح أيضا نشأة أى جزء من أجزاء النبات من مرحلة البداية حتى النضج الكامل.

Orbiculate blade

نصل مستدير الشكل، يتصل العنق بجانبه.

Orthropous Ovule

بويضة مستقيمة رأسيا، النقير تجاه طرف المبيض بينما الكلازا عند قاعدته.

Osteosclereid

اسكلاريدةعظمية، جدرها سميكة ملجننة، تأخذ شكل قطعة العظم، جزؤها الأوسط ضيق بينما الطرفان يكونان متضخمان.

Osmophor

غدة حاملة للرائحة العطرة، تتركب من نسيج إفرازى داخلى من بضع طبقات خلوية مفرزة للرائحة العطرة، خلاياه إما محكمة التركيب أو مفككة، يخرج منها الزيت العطرى في هيئة بخار أو قطرات. بعض الأجزاء الزهرية قد تتكشف الى هذا النوع من الغدد في هيئة شريط أو أهداب. الخلايا الخارجية تكون متطاولة قطريا. يوجد هذا النوع في عدد من العائلات مثل القلقاسية والأوركيدية وعائلة أريستولوخيا.

Outer bark

قلف خارجى، يدل على جميع الأنسجة التي توجد خارج أكثر طبقات الكامبيوم الفلينى.

عمقا، أى يضم أخر بريدرم وأنسجة الساق التي تنعزل الى الخارج منها. الأنسجة الحية الداخلية وهى اللحاء والكامبيوم الفلينى والقشرة الثانوية تسمى القلف الداخلى Inner bark.

Ovary

المبيض في الزهرة، جزء الكربلة القاعدى الذي يحتوى بداخله على بويضة أو أكثر. يتركب من كربلة واحدة، أو أكثر ملتحمة معا. اذا تكون المبيض من كربلة واحدة كان بسيطا وحيد المسكن Unilocular. إذا تكون من أكثر من كربلة فإنه يكون مركبا، وقد يكون إحادى المسكن أو ثنائى Bilocular أو ثلاثى المسكن Trilocular اذا احتوى على ثلاثة حواجز كاملة ناتجة عن التحام حواف الكرابل حتى المركز. يختلف وضع المبيض بالنسبة لبقية محيطات الزهرة فقد يكون (١) علوى Superior (٢) سفلى Inferior (٣) نصف سفلى Half inferior.

Ovate blade

نصل بيضى الشكل يشبه بيضة الدجاج، الجزء العريض قاعدى.

Ovule

بويضة، تركيب يوجد بداخل المبيض تنشأ عنه البذرة بعد عملية الإخصاب، تحمل على المشيمة Placenta بواسطة الحبل السرى Funiculus. تتركب البويضة من الناحية المورفولوجية من النيوسيلة Nucellus يوجد بوسطها الكيس الجنينى Embryo sac يحيط بها غلاف أو غلافين Integuments فيما عدا ممر ضيق يسمى النقير Micropyle. المنطقة القاعدية للبويضة التي يلتقى عندها النيوسيلة مع غلافى البويضة، وأحيانا الحبل السرى تسمى الكلازا Chlaza. يوجد للبويضة نسيج وعائى ينتهى عادة في الكلازا يتصل بنظيره في المشيمة عبر الحبل السرى، وقد يمتد في غلاف أو غلافى البويضة.

Palea

بالية، القنابة العليا التي تشترك في تكوين غطاء الزهرة في العائلة النجيلية، أما السفلى فتسمى العصيفة Lemma.

Palisade parenchyma

بارنكيما عمادية، الطراز الأكثر تخصصا للقيام بعملية البناء الضوئى في الورقة حيث توجد بهذه الخلايا الجزء الأكبر من البلاستيدات. خلايا البارنكيما العمادية، متطاولة عمودية على البشرة العليا، ذات جدر سليلوزية رقيقة. في بعض الأحيان تكون البارنكيما العمادية في الورقة في أكثر من طبقة، كما أن الخلايا قد تكون غير منتظمة الشكل، ذات بروزات جانبية صغيرة أو أذرع تجعل الخلية متفرعة. السطوح المعرضة للفراغات البينية

من البارنكيما العمادية تكون أكبر من نظيرتها في البارنكيمة الأسفنجية .

Palmate venation

تعريق راحى ، يحتوى نصل الورقة على عدد من العروق الرئيسية تنشأ من قمة عنق الورقة وتمتد في النصل على شكل أصابع اليد ، وتتفرع مكونة شكلا شبكيا .

Panicle

نورة دالية مركبة ، غير محدودة النمو ذات أفرع مدلاه تحمل سنيبلات معنقة . أفرع المحور الرئيسى تترتب في نظام عنقودى ينتهى كل منها بسنيبلة *Spikelet*.

Papilionaceous corolla

تويج فراشى ، في العائلة الفراشية ، يتركب من العلم والجناحين والزورق .

Paracytic stoma

ثغر متوازى الخلايا المساعدة ، توجد خليتان مساعدتان متوازيتان مع المحور الطويل للخلية الحارسة .

Parallel venation

تعريق متوازى في نصل الورقة لغالبية النباتات ذات الفلقة الواحدة ، متوازى طولى أو متوازى عرضى ، في الأول تتوازى العروق طوليا في النصل ، بينما في الثانى يوجد عرق وسطى تخرج منه عروق جانبية تتوازى عرضيا .

Paratracheal parenchyma

بارنكيما محورية توجد في الخشب الثانوى مرتبطة بالعناصر الناقلة ، قد تكون قليلة أو كثيرة .

Parenchyma

نسيج بارنكيمى ، خلاياه حية جدرها رقيقة ، تتنوع في أشكالها وحجومها ومحتوياتها . من أنواعها المعروفة . بارنكيما البناء الضوئى ، بارنكيما التهوية ، العمادية والاسفنجية . أحيانا تكون الجدر إبتدائية سميكة أو ثانوية ذات جدر سميكة ملجننة .

Parietal placentation

وضع مشيمى جدارى، توجد المشائم عند الحواف الملتحمة للكرابل في المبيض وحيد المسكن. وقد توجد المشائم أيضا على بروزات من الجدار.

Parted

ورقة مجزأة الحافة ، تجاويف الحافة عميقة تصل تقريبا حتى العرق الوسطى .

Passage cells

خلايا ممرة، توجد في الأندودرمس في الجذور، كما توجد أيضا في الأكسودرمس تحتوى على أشرطة كاسبرى على الجدر القطرية والعرضية فقط، تمرر الماء والذائبات الى نسيج الخشب في الجذر.

Pedicel عنق الزهرة.

Peduncle محور النورة

Peltate نصل درعى، مستدير، يتصل عنق الورقة به ظهريا

Peltate hair

شعيرة درعية الشكل، تنمو من البشرة في بعض الأوراق، تتركب من محور قصير يتصل عند طرفه بصفيحة قرصية الشكل عديدة الخلايا، قد تكون غدية مثل حشيشة الدينار Humulus أو غير غدية مثل الزيتون.

Pentamerous, flower زهرة محيطاتها الزهرية خماسية الأجزاء

Perfoliate

ورقة محيطة بالساق، قاعدة النصل تحيط بالساق عند العقدة فيبدو خارجا منها.

Perforation plate

الصفيحة المثقبة، توجد عند نهاية وحدة الوعاء، عند مناطق إتصال وحدات الوعاء معا طوليا. قد تحتوى على ثقب واحد فتسمى صفيحة بسيطة التثقيب، أو عدة ثقوب فتسمى مركبة.

Perianth الغلاف الزهرى، مصطلح يدل على الكأس والتويج معا

Periblem

المرستيم الذي ينشأ منه القشرة في الجذر، أحد منشئات الأنسجة الثلاث في نظرية أصل الأنسجة.

Pericarp

جدار الثمرة، متخشب أو طرى، قد ينفتح لتنتشر البذور، أو يبقى مغلقا أى أن الثمرة غير منفتحة.

Periclinal إنقسام خلوى بجدار مماسى موازيا للمحور.

Pericycle

والكامبيوم الفلينى وجزء من الكامبيوم الوعائى من هذه الطبقة. قد توجد في بعض السيقان في هيئة ألياف.

Periderm

البريدرم، نسيج واق يحل مكان البشرة الممزقة في الساق والجذر للنبات ذات الفلقتين التي يحدث فيها نمو ثانوى مستمر. تتكون أيضا على السطوح المعرضة بعد سقوط الأوراق أو غيرها من أجزاء النبات. ينشأ البريدرم عن الكامبيوم الفلينى Phellogen الذي ينتج عن انقسام خلاياه نسيج الفلين الى الخارج وقشرة ثانوية الى الداخل. القشرة الثانوية خلاياها بارنكيمية حية قد تكون أحيانا جدرها سميكة. تتركب الخلايا في صفوف قطرية، وقد تحتوى على بلاستيدات خضراء مثل بعض أنواع الحور Populus. نادرا يتكون البريدرم في ذوات الفلقة الواحدة. كما يتكون البريدرم أيضا تحت سطح الجروح في السيقان. وينشأ البريدرم الأولى في أماكن تختلف تبعا للنوع، فقد ينشأ في البشرة مثل الدفلة Nerium وكثير من أنواع الصفصاف Salix. المكان الشائع لتكوين البريدرم هو الطبقة التي تلى البشرة مثل البلوط والحور والبرقوق. وقد تنشأ خلايا البريدرم عميقا في آخر طبقات القشرة أو في بارنكيما اللحاء كما في العائلة القرنفلية.

Perigynous flower

زهرة محيطية، تلتحم فيها قواعد الغلاف الزهرى والأسدية معا ليتكون تركيب أنبوبى Hypanthium لا يلتحم مع جدار المبيض. ينمو الكأس والتويج والطلع من قمة هذا التركيب الأنبوبى فتظهر محيطة بالمبيض. كما تعتبر الزهرة محيطية أيضا إذا التحم الـ Hypanthium مع الجزء السفلى من المبيض.

Perisperm

البريسبرم، نسيج إختزانى يوجد في بعض البذور ينشأ عن النيوسيلة في البويضة. قد يوجد بمفرده في البذرة أو مع الإندوسبرم.

Petal

بتلة، الوحدة التركيبية للتويج في الزهرة، عادة تكون ملونة زاهية اللون، ذات رائحة مميزة. يرجع اللون الى وجود بلاستيدات ملونة أو صبغات في العصير الخلوى، الرائحة ترجع الى زيوت طيارة توجد في خلايا البشرة في البتلة. وقد توجد زوائد متنوعه على سطح البتلات.

Petaloid

بتلى، يشبه البتلات في اللون والشكل

Petiole

عنق الورقة ، عنق الوريقة ، زهرة معنقة ، أو جالسة خالية من العنق . قد يكون العنق مجنحا كما من نبات النارنج Citrus aurantium كما قد يكون عريضا يشبه الورقة Phyl-lode كما في جنس Acacia. وأحيانا يكون طويلا على هيئة محلاق للتسلق .

Phellogen

الكامبيوم الفلينى ، مرستيم ثانوى ، جانبى ، ينشأ عنه البريدرم . الخلايا مرستيمية ذات فجوات عصارية ، من نوع واحد ينتج عن إنقساماتها المماسية خلايا فلين الى الخارج وقشرة ثانوية بارنكيمية الى الداخل . قد ينشأ في البشرة أو طبقة القشرة التي تلى البشرة أو من بارنكيما اللحاء (راجع البريدرم) . القشرة الثانوية يتراوح عدد صفوفها بين ١-٣ بينما الفلين ٢-٢٠ صف تبعا لنوع النبات . الفلين يكون رقيقا فى الجذور.

Phloem

نسيج اللحاء النسيج الأساسى المختص بنقل الغذاء من مناطق تكوينه الى مناطق استهلاكه أو تخزينه في جسم النبات . يتركب من أنابيب غربالية وخلايا مرافقة وخلايا بارنكيمية وألياف ، قد توجد به اسكلريدات .

واللحاء هو الجزء الخارجى من الحزمة الوعائية الجانبية . قد توجد أشرطة من اللحاء متداخلة في الخشب الثانوى Interxylary phloem أو أجزاء منه منتشرة في النخاع في بعض السيقان . الحزمة ذات الجانبين Bicollateral vascular bundle تحتوى على لحاء خارج الخشب وآخر الى الداخل من الخشب .

Phloem ray

أشعة اللحاء ، الخلايا البارنكيمية التي توجد في جزء الشعاع الوعائي Vascular ray الذي يقع في اللحاء الثانوى على إمتداد الخشب .

Phylloclade

ساق متحورة الى ورقة ، تخرج من إبط ورقة حرشفية على الساق ، تتركب من عدة سلاميات كما في نبات المهلنبكيا Meuhlenbeckia.

Phyllode

عنق ورقة متورق .

Phyllotaxy

نظام ترتيب الأوراق على الساق ، متبادل ، متقابل ، سوارى .

Phylogeny

التطور التعاقبى، التاريخ التطورى لمجموعة نباتية، يوضح منشؤها والتطور الذي حدث فيها، أي يوضح أسلافها وأنسالها. يهدف الى معرفة منشأ المجموعات النباتية التي اندثرت والحالية لتحديد العلاقات الوراثية أو علاقة الدم بينها.

Pistillate flower

زهرة كربلية، مؤنثة، يوجد بها المتاع بينما يغيب الطلع.

Pit

نقرة، تجويف في الجدار الثانوى للخلية، تتركب من (١) تجويف النقرة Pit cavity، (٢) غشاء النقرة Pit membrane وهو خال من الجدار الثانوى، يتركب من الصفيحة الوسطى والجدارين الابتدائيين للخليتين المتلاصقتين، (٣) فوهة النقرة Pit aperture تصل مابين تجويفى النقرة والخلية. النقر توجد فقط في الجدر الثانوية. عادة توجد النقر في أزواج Pit-pairs حيث يوجد في مقابل كل نقرة أخرى مكملة لها في الجدار الملاصق، يشتركان في غشاء نقرة واحد. ويوجد طرازان شائعان من النقرة: (١) نقرة بسيطة، Simple pit (٢) نقرة مضفوفة Bordered pit. يتركز الاختلاف الرئيسى بين الطرازين في أن الجدار الثانوى في النقرة المضفوفة يتقوس فوق تجويف النقرة في هيئة ضفة.
بينما النقرة البسيطة لا يوجد بها هذا التقوس. وتظهر النقرة البسيطة في المنظر السطحى كحلقة مستديرة بينما المضفوفة تشاهد في حلقتين، إحداهما صغيرة داخلية تحدد فتحة النقرة والأخرى كبيرة تحدد تجويف النقرة.

Pith

النخاع، النسيج الأساسى في وسط الساق في معظم النباتات مغطاه البذور، يتركب في معظمه من خلايا بارنكيمية. عادة تترتب خلاياه. طوليا في صفوف. النخاع في كثير من النباتات يتحطم ويتلاشى وتصبح السلاميات مجوفة بينما تحتفظ العقد بما فيها من نخاع. أحيانا تتبقى صفائح أو حواجز عرضية متتالية من النخاع على مسافات في بعضها فيسمى النخاع حاجزى Diaphgramed وإذا تلاشت عرف باسم النخاع المسكنى. يتنوع تكشف البارنكيما من النخاع، أحيانا تخزن بللورات أو تصبح اسكلريدات، وقد تتلجنن جدر الخلايا البارنكيمية، أحيانا يحتوى النخاع على تراكيب لبن نباتى. الجزء الخارجى من النخاع قد تصبح خلاياه سميكة الجدر، فيعرف باسم الغلاف النخاعى Medullary pith.

Placenta

المشيمة، الموضع في المبيض الذي تتصل به البوضات.

Placentation

الوضع المشيمى، طريقة توزيع المشائم في المبيض، غالبا توجد على حواف الكرابل. وهناك عدد من طرز الوضع المشيمى منها:

١ ـ جدارى *Parietal*

يوجد في المبيض المركب وحيد المسكن حيث تلتحم الكرابل بحوافها. المشائم توجد على حواف الكرابل.

٢ ـ المحورى *Axile*

يوجد في المبيض المركب، حيث تنطوى حافات الكرابل وتتجمع الحواف في مركـز المبيض فيتكـون محور وسـطى من التحـام هذه الحواف، تحمل عليه المشائم. وعدد المشائم يماثل عدد الكرابل.

٣ ـ المركزى السائب *Free central*

يوجد أيضا في المبيض المركب. وتوجد المشائم على محور وسطى يمثل إمتداد من محور الزهرة، ولا يصل الى قمة المبيض ويظل سائبا.

٢ ـ قاعدى *Basal*

المبيض وحيد الكربلة، توجد المشيمة عند قاعدة المبيض حيث تحمل البويضة.

٥ ـ قمـــى *Apical*

يتميز بوجود بويضة واحدة في كل مسكن تكون معلقة عند قمة المبيض وتتصل بحبلها السرى من جهة المحور الوسطى إذا كان المتاع ملتحم الكرابل أو من الجهة البطنية للكربلة إذا كان المتاع منفصل الكرابل.

٦ ـ حافـــى *Marginal*

يوجد في المبيض وحيد الكربلة، وتوجد المشيمة عند خط التحام حافتى الكربلة.

Plate meristem

مرستيم صفائحى، يتألف من طبقات متوازية من الخلايا المرستيمية تنقسم قطريا، مما يؤدى الى زيادة السطوح المنبسطة مثل الأوراق.

Plerome

مرستيم منشىء الأسطوانة الوعائية وما يرتبط بها من نسيج أساسى، وهو أحد المرستيمات الثلاثة في نظرية أصل الأنسجة.

Plumule

الريشة في جنين البذرة، قمة محور الجنين، تتركب من مرستيم قمى يحيط به ورقة أولية، أو أكثر، في النجيليات تحاط بغمد خاص، وأحيانا تحاط بقاعدة الفلقة كما في جنين بذرة البصل أو بغمد خاص وقاعدة الفلقة كما في بذرة البلح.

Pollen sac

كيس حبوب اللقاح في المتك Anther. في معظم مغطاة البذور يتركب المتك من فصين Lobes كل منهما يتألف من كيسين. عند التلقيح يتحطم الجدار بين الكيسين فيصبح المتك مكونا من حجرتين، حجرة في كل فص متكى.

Pollinium

مجموعة من عدد كبير من حبوب اللقاح متجمعة معا تمثل جميع حبوب لقاح كيس حبوب اللقاح، كما في العائلة Asclepiadaceae. قد تكون هذه المجموعة مزدوجة ترتبط معا بواسطة جسم لاصق، أو تضم بضع مجموعات من عدد قليل من حبوب اللقاح تسمى Massulae ترتبط معا بخيوط فيسكين Viscin threada.

Polyarch root

جذر عديد حزم الخشب الإبتدائى

Polyderm

نسيج واق، عديد الطبقات، يتركب من بضعة صفوف من خلايا بارنكيمية تتبادل مع صف آخر من خلايا جدرها تحتوى على أشرطة كاسبرى أو زائدة التسوبر، ينشأ هذا النسيج في الطبقة المحيطة للجذر. وعندما تتحطم خلايا القشرة، يتعرض البوليدرم وتموت خلاياها الخارجية، غير أن الداخلية تبقى. هذا النسيج يمثل إحدى الصفات في بعض العائلات مثل الوردية والأسية Myrtaceae. قد يصل سمك البوليدرم إلى ٢٠ صف من الخلايا.

Polygamo – dioecious

نبات متعدد الجنس، ثنائى المسكن، يحمل أزهارا خنثى بالإضافة الى أزهار طلعية، والأزهار المتاعية تحمل على نبات آخر بالإضافة الى الخنثى.

Polygamo – monoecious

نبات متعدد الجنس أحادى المسكن، يحمل أزهارا خنثى بالإضافة الى أزهار مذكرة وأخرى مؤنثة.

Polypeptalous, Gamopetalous *تويج سائب البتلات، ملتحم البتلات*

Polysepalous, Gamosepalous أو ـ Synsepalous

كأس سائب السبلات، عكس ملتحم السبلات

Poricidal Poticidal

إنفتاح المتك بواسطة ثقوب Pores.

Porous wood

خشب ثانوى مسامى، يحتوى على ثقوب تمثل القطاعات العرضية في عناصر الأوعية، يتميز به خشب ذوات الفلقتين. قد تكون المسام منتشرة بدون نظام Diffuse porous أو مرتبة بنظام في هيئة حلقة Ring porous الأول مثل الزان والحور والثانى مثل البلوط Quercus.

Posterior

تجاه الجانب الخلفى.

Prickle

تركيب شوكى صغير يحمل بدون نظام على البشرة في الساق.

Primary root

الجذر الإبتدائى، وهو الأول للبادرة، ينشأ عن جذير الجنين خلال الإنبات.

Procambium

الكامبيوم الأول، تنشأ منه الأنسجة الوعائية الإبتدائية، الخشب الإبتدائى Primary xylem واللحاء الإبتدائي Primary phloem.

Procumbent

زاحف على السطح، ساق زاحفة.

Prophyll

قنابة أولية، الورقة الأولى على ساق البادرة.

Prostrate

ساق راقدة على سطح الأرض.

Protandrous

زهرة مبكرة الطلع، تنضج المتوك وتنتثر حبوب اللقاح قبل أن تنضج المياسم في نفس الزهرة.

Protoderm

مرستيم إبتدائى، ينشأ منه جهاز البشرة، وهى الطبقة الخارجية من المرستيم القمى.

Protogynous

زهرة مبكرة المتاع، تنضج فيها المياسم بينما تكون المتوك غير ناضجة.

Protoplasm

بروتوبلازم، مصطلح يدل على جميع المكونات الحية في الخلية شاملا السيتوبلازم والنواة.

Protoplast

بروتوبلاست، هو جزء الخلية المحاط بجدار خلوى، أحيانا لا يوجد هذا الجدار، يتركب من مكونات بروتوبلازمية ومواد غير بروتوبلازمية، هو الوحدة الحية المنسقة للخلية.

Protostele

عمود وعائي أولى مصمت، هو الطراز البدائى، الجزء الأوسط خشب يحيطه اللحاء.

Protoxylem lacuna

فجوة الخشب الأول، فجوة محاطة بخلايا بارنكيمية، توجد في الخشب الأول Pro-toxylem بالحزمة الوعائية في موضع تكسر عناصر الخشب الأول الوعائية، تشاهد حدر العناصر المكسرة على حافة الفجوة.

Pulvinus

قاعدة عنق الورقة، منتفخة في هيئة وسادة حساسة، تتأثر بالعوامل الخارجية، مثل العائلة *Mimosaceae*. توجد أيضا في معظم نباتات الحشائش في هيئة تضخم في غلاف الورقة فوق منطقة إتصاله بالساق.

Pyxis

ثمرة علبة، تنفتح عند وسطها محيطيا، وينفصل جزؤها العلوى كغطاء مثل الرجلة *Portulaca*.

Raceme

نورة عنقودية، بسيطة، غير محدودة النمو، محورها يحمل أزهارا معنقة، تتقارب في الطول، أكبر الأزهار عند قاعدة النورة وتتدرج تجاه القمة مثل المنثور *Matthiola*.

Rachilla محور جانبى يحمل وريقات ثانوية *Pinnules*.

Rachis محور يحمل الوريقات في الورقة المركبة الريشية

Radical

جذرية، يطلق على الأوراق قاعدية المنشأة، قريبا من قمة الجذر.

Radicle الجذر الجنينى في البذرة، الجذير.

Ramiform pit
نقرة بسيطة متفرعة ، ذات تجويف على هيئة قناة متفرعة .

Raphe
الرافى ، جزء الحبل السرى الذي يلتحم مع غلاف البويضة ، يكون في هيئة بروز يمتد فيه النسيج الوعائى للبويضة .

Raphides
بللورات إبرية من أكسالات الكالسيوم توجد في حزم .

Ray
شعاع ، شريط من خلايا بارنكيمية يمتد قطريا عبر الخشب الثانوى واللحاء الثانوى . ينتج عن نشاط بدايات الأشعة في الكامبيوم الوعائى ، يتركب من صف واحد أو إثنين أو أكثر عرضيا .

Receptacle
التخت ، الجزء الطرفى لعنق الزهرة الذي تحمل عليه المحيطات الزهرية ، عادة محدود النمو . متضخما أو متطاولا .

Reniform blade
نصل كلوى الشكل

Replum
حاجز كاذب ، غشائى ، يمتد بين مسكنين ، ينشأ من التخت عند قاعدة المبيض .

Reticulate sieve plate
صفيحة غربالية ، تترتب فيها المساحات الغربالية في نظام شبكى .

Reticulate thickening
تغليظ ثانوى شبكى يتراكم على الجدر الابتدائية للوحدات الناقلة في نسيج الخشب .

Reticulate venation
تعريق شبكى في نصل الورقة .

Revolute
نصل ورقة حافتيه منطبقتين الى أسفل

Rhizome
ريزوم ، ساق أرضية ، رفيعة أو سميكة ، مقسمة الى عقد وسلاميات ، توجد عليها أوراق حرشفية ، في آباطها براعم تنمو الى أفرع هوائية .

Rhizodermis
البشرة في الجذر

Rhytidome
رايتيدم ، البريدرم والأنسجة الخارجية التي تعزلها في الساق ، شاملة القشرة واللحاء ،

وكذلك اللحاء الثانوى في السيقان الخشبية المسنة.

Rib meristem

المرستيم الصفى، ينشأ عنه صفوف متوازية طوليا من الخلايا، نتيجة للانقسامات العمودية على محورها الطولى، تنشأ منه القشرة والنخاع.

Root cap

قلنسوة الجذر، تحمى المرستيم القمى للجذر، تنشأ من المرستيم منشىء القلنسوة Calyptrogen أو مشتركة مع البشرة في الجذر من مرستيم مشترك Dermatocalyptrogen. تتحطم الخلايا الخارجية للقلنسوة نتيجة لاحتكاكها بحبيبات التربة وتتكون أخرى بدلا منها. كثيرا تغطى القلنسوة والجزء الطرفى من الجذر بمواد مخاطية في هيئة غلاف سميك لزج يحتوى على خلايا القلنسوة المحيطة المحطمة التي انفصلت عنها.

Root hairs

شعيرات جذرية، وحيدة الخلية، طولها عادة أقل من ٢/١ ملليمتر، تنشأ من خلية واحدة من خلايا البشرة، وقد تنشأ من خلية متخصصة من البشرة تسمى *Trichoblast*. تنشأ الشعيرات الجذرية على بعد حوالى ملليمتر من طرف الجذر. معظم الشعور الجذرية قصيرة العمر، تعيش بضع ساعات أو يوم أو أكثر وقد تعيش أسبوعا أو أكثر، وقد تعيش لبضعة شهور وتصبح جدرها سميكة.

Root nodule

عقدة جذرية، تركيب يشاهد على جذور النباتات البقولية، كروى الشكل أو أسطوانى أو مفصص، تبعا لنوع النبات، يحتوى على بكتريا العقد الجذرية. تحتوى العقدة الجذرية على نسيج وعائى متصل بنظيره في الجذر.

Runicinate blade

نصل شوكى، مختلط الحافة، تقع بين المنشارية والمفصصة، الأسنان متجهة الى أسفل، قمة النصل مفصصة نوعا أكثر إتساعا من قاعدته المنشارية، مثل ورقة الهندباء *Taraxacum*.

Runner

ساق جارية، عادة عشبية، تنمو مفترشة سطح التربة، ذات أفرع قصيرة قائمة، وجذور عرضية عند العقد.

Saccate

في هيئة جيب أو كيس، مثل الكأس الجيبى في العائلة الصليبية.

Sagittate

نصل سهمى الشكل

Samara

ثمـرة جنـاحية ، جافـة غير منفتحـة ، يمتد غلافها الثمرى في هيئة جناح ، ذات بذرة واحدة ، مثل لسان العصفور *Fraxinus*.

Saprophyte

نبـات مترمم ، يعيش على المـواد العضوية غير الحية ، مثل *Monotropa* نبات خال من الكلوروفيل ، عديم الأوراق ، مجموعة الجذرى متفرع ، لحمى ، ينمو من داخلة شمراخ زهـرى سميك Scape أصفـر اللون يوجد عليه أوراق حرشفية ملونة وينتهى بزهرة أو نورة . الأزهار خنثى .

Sapwood

خشب رخو، يوجد في سيقان الأشجار، يحتوى على خلايا حية ومواد مخزونة يتحول الى صميمى ، لونه فاتح . أشجار الصفصاف *Salix* ذات خشب عصيرى أو رخو، شجرة الجراد *Robinia* الخشب الرخو فيها يكون ضئيلا بينما الصميمى سميك .

Scalariform perforation plate

صفيحـة عديدة الثقوب ، الثقوب مرتبة في نظام سلمى ، توجد في الجدر الفاصلة بين عناصر الوعاء . الثقوب تكون متطاولة ومتوازية .

Scalariform pitting

تنقير سلمى يوجد في جدر العناصر الناقلة للماء . النقر متطاولة عرضيا في تتابع رأسى أو متوازية في هيئة سلم .

Scalariform sieve plate

صفيحة غربالية سلمية ، توجد في الجدر الفاصلة بين عناصر الأنابيب الغربالية في نسيج اللحاء . تحتوى على مساحات غربالية مرتبة ، في الصفيحة ، متوازية مع بعضها فتشبه درجات السلم . المساحة الغربالية Sieve area مساحة في الصفيحة الغربالية منخفضة بها مجاميع من ثقـوب دقيقـة تمر خلالهـا روابط سيتـوبلازمية تصل سيتوبلازم وحدات الأنبوبة الغربالية بعضها ببعض . الثقوب تكون محاطة بمادة الكاللوز Callose .

Scales

حراشيف ، قنـابـات أو قنيبـات أو أوراق صغيرة محورة ، مختزلة ، جافة مثل حراشيف البراعم ، وهى إما أذينات أو أذنات أو أوراق محورة .

Scape

شمراخ زهرى سميك ، يخرج من الجذور اللحمية لبعض النباتات المتطفلة أو المترمة ، من تحت سطح الأرض ، يحمل أوراقا حرشفية أو قنابات صغيرة ، لاتوجد عليه أوراق خضراء ، قد توجد عليه زهرة أو عدة أزهار ، مثل الهالوك المتطفل ، والـ Monotropa المترمم .

Schizocarp

ثمرة جافة تنشق طوليا الى ثميرتين Mericarps كل منها ذات بذرة واحدة ، وتتصل عند قمتها بجزء من الحامل الكربلى . تشاهد خمسة ضلوع على الثميرة يوجد في التجاويف بينها قنوات زيت . تسمى الثمرة خيمية Cremocarp في العائلة الخيمية .

Schizogenous air space

مسافة بينية إنفصالية ، تنشأ بإنفصال جدر الخلايا على امتداد الصفيحة الوسطى .

Sclereid

اسكلريدة ، خلية اسكلرنكيمية ، ذات جدر سميكة ملجننة ، تكثر بها النقر البسيطة ، تتنوع أشكالها ، منها الإسكلريدات الحجرية والعمادية والنجمية . توجد في الأوراق ولحم الثمار ، وقصرة بعض البذور ، وفي القشرة والنخاع واللحاء وغيرها . قد توجد منفردة أو في مجاميع .

Sclerenchyma

نسيج اسكلرنيكمي ، خلاياه اسكلرنكيمية ، يصنف الى ١) ألياف ، ٢) اسكلريدات . والخلايا ذات جدر سميكة ملجننة خالية من البروتوبلاست .

Scorpoid

نورة محدودة عقربية ، محور النورة يتألف من أفرع ينتهى كل منها بزهرة ، ويخرج من إبط القنابة التي توجد عند قاعدة الفرع . محور النورة يكون متعرجا . القنابات متبادلة فتنمو الأفرع بالتبادل .

Scutellum

القصعة ، في جنين النجيليات ، يرى بعض الباحثين أن القصعة هى الفلقة ويرى اخرون أنها جزء الفلقة المتخصص في إفراز الإنزيمات لهضم الغذاء المدخر في الإندوسبرم وامتصاصه لباقى أجزاء الجنين خلال الأنبات . السطح الملاصق للاندوسبرم تكسوه خلايا طلائية مفرزة للإنزيمات خلال الإنبات . غالبا توجد تجاويف على هذا السطح تبطنها خلايا طلائية .

Secondary phloem

لحاء ثانوى ينشأ عن الكامبيوم الوعائى . تترتب مكوناته في نظامين ١) الجهاز المحورى ينشأ من البدايات المغزلية ، ٢) الجهاز الشعاعى وينشأ من بدايات الأشعة . الجهاز المحورى يشمل الأنابيب الغربالية وخلاياها المرافقة بالاضافة الى بارنكيما وألياف اللحاء . الجهاز الشعاعى يتكون عنه أشعة اللحاء Phloem rays وهى على امتداد أشعة الخشب ويطلق عليهما معا الشعاع الوعائى ، وهو إما وحيد الصف أو ثنائى أو عديد الصفوف ويمتد شعاعيا في اللحاء . قد يحتوى كل من الجهازين على اسكلريدات أو خلايا إفرازية أو بللورات .

Secondary vascular tissues

الأنسجة الوعائية الثانوية ، تضم الخشب الثانوى واللحاء وينشآن عن الكامبيوم الوعائى .

Secondary phloem fibers

ألياف اللحاء الثانوى ، توجد ضمن الجهاز المحورى للحاء الثانوى ، قد توجد في حزم متبادلة مع الأنابيب الغربالية أو مبعثرة فيما بينها .

Secondary xylem

الخشب الثانوى ، ينشأ عن الكامبيوم الوعائى خلال النمو الثانوى ، يتميز فيه الجهاز المحورى والجهاز الشعاعى . الجهاز المحورى يتضمن الوحدات الناقلة للماء ، وهى الأوعية والقصيبات والألياف والخلايا البارنكيمية . الجهاز الشعاعى يشمل أشعة الخشب وهى على امتداد أشعة اللحاء الثانوى ، خلاياه بارنكيمية ترتبط بالبارنكيما المحورية . مكونة جهازا متصلا . الشعاع يكون وحيد الصف ، أو ثنائى أو عديد صفوف الخلايا البارنكيمية . يشاهد الشعاع عديد الصفوف في القطاعات المماسية للخشب في شكل عدسى أو مغزلى .

Secretory hair

شعرة غدية ، ذات رأس وحيدة أو عديدة الخلايا تتركب من خلايا إفرازية . عادة تحمل على عنق من خلايا غير إفرازية .

Seedling البادرة ، نبت صغير ، ينشأ عن جنين البذرة .

Seminal adventitious roots

جذور عرضية جنينية ، تنشأ في الجنين على السويقة السفلى من النجيليات ، تنمو خلال الانبات ويتراوح عددها بين جذر وثلاثة جذور . تبقى هذه الجذور لفترة طويلة من حياة

النبات، وهى رفيعة قطرها أقل من ١/٢ ملليمتر.

Separation layer

وطبقة الإنفصال، تختص بقطع الصلة بين الورقة والساق، خلاياها أساسا بارنكيمية بالإضافة الى الأنسجة الوعائية، وتحتوى على مقدار ضئيل من الأنسجة الوعائية. عند إبتداء إنفصال الورقة، تتفكك الخلايا البارنكيمية من بعضها وتصبح الجدر الخلوية جيلاتينية ويرجع ذلك إلى تحول بكتات الكالسيوم في الصفيحة الوسطى الى بكتين يذوب في الماء. ويحدث الإنفصال بتكسر العناصر الناقلة وغيرها ميكانيكيا. وقد تغلق العناصر الناقلة للماء بالتيلوزات Tyloses. وطبقة الإنفصال تتركب عادة من صفيحة من الخلايا البارنكيمية أو أكثر.

Septate

مجزأ بحواجز عرضية

Septate fiber

خلية ليفية مقسمة بحواجز عرضية رقيقة، تنشأ بعد تكوين الجدار الثانوى. ينتشر هذا النوع من الألياف في خشب ذوات الفلقتين، وعادة تحتفظ بالبروتوبلاست في الخشب العصيرى وتتخصص في إختزان المواد الغذائية. إذا كثرت في الخشب نقصت البارنكيما المحورية، وربما انعدم وجودها.

Septicidal

انفتاح حاجزى في الثمار، على إمتداد الحواجز بين الكرابل الملتحمة.

Serrate margin

حافة نصل منشارية، الأسنان متجهة الى الأمام

Sessile

جالسة، بدون عنق

Setose

مغطى بأشواك

Sheathing leaf base

قاعدة ورقة تحيط بالساق في هيئة غمد أو غلاف. قد يكون الغمد طويلا يحيط بالساق كما في كثير من ذوات الفلقة الواحدة مثل النجيليات والعائلة الموزية Musaceae.

Sieve plate

الصفيحة الغربالية، توجد في مغطاة البذور بين عناصر الأنبوبة الغربالية، تتميز باحتوائها على مساحة غربالية واحدة أو أكثر. بسيطة ذات مساحة غربالية واحدة، مركبة عديدة المساحات الغربالية.

Silica cell

خلية سليكا، تمتلىء بالسليكا، كما في بشرة أوراق النجيليات، توجد كثيرا في أزواج. قد

يتكـون عنها بروزات شوكية، وأشواك أو شعور. خلايا قصيـرة أقـل طـولا مـن بقيـة خلايـا البشـرة.

Simple perforation plate

صفيحة بسيطة التثقب، ذات ثقب واحد توجد في عناصر الوعاء بالجدر الطرفية الواقعة بينها.

Siphonostete

عمـود وعـائى انبـوبى، الجهـاز الوعـائى إسطوانى يحيط بالنخـاع.

Spadix

نورة إغريضية مركبة، الشمراخ الزهرى لحمى، متفرع، كل فرع عبارة عن نورة سنبلية بسيطة، تحاط النورة بقنابة كبيرة تسمى قينوى Spathe كما في نخيل البلح. أحيانا يكون القينوى ملونا كما في الكلا Cala.

Spatulate

ورقة ذات نصل ملعقى الشكل.

Spike

نورة سنبلية، المحور طويل ورفيع، يحمل أزهارا جالسة، النورة غير محدودة النمو، كما في الفربيينا Verbena.

Spikelet

سنيبلة، وحـدة التـزهيز في نورة العـائلة النجيلية، وهى إمـا جالسة أو معنقة، تترتب الأزهـار بالتبادل على محور السنيبلة Rachilla. تتركب السنيبلة من زهرة أو عدة أزهار. يوجد (قنابعتان) Glumes (قنابتان) عند قاعدة السنيبلة يغلفان أزهار السنيبلة.

Spine

شوكـة جامـدة، متخشبـة، ذات طـرف حـاد، غالبـا تنشأ داخليا، قد تكون برعـم متحـور أو أذنـة.

Stamen

سداه، وحدة تركيب الطلع تتركب النموذجية من خيط Filament ومتك Anther العضو الذى يحمل حبوب اللقاح.

Stamine flower

زهرة مذكرة، لا يوجد بها متاع.

Staminode

سداة عقيمة، توجد في منطقة الطلع كما في الكنا Canna أحيانا تكون الأسدية العقيمة

أعضاء إفرازية أو أسدية أثرية قد تكون في هيئة بروزات كما في الأزهار المؤنثة .

Stellate hairs

شعيرات نجمية الشكل، الشعور النجمية ، تتركب الشعرة من محور قصير يحمل أفرعا شعاعية الترتيب ، وحيدة أو ثنائية الخلايا . وتوجد في كثير من نباتات العائلة الخبازية .

Stigma

الميسم ، جزء الكربلة الطرفي الذي يستقبل حبوب اللقاح ، قد يكون كرويا ، مفصص أو متفرع .

Stiple

أذينة الوريقة .

Stipule

أذينة الورقة ، زائدة توجد مع أخرى عند قاعدة كثير من أوراق النباتات ذوات الفلقتين . تتعدد أشكالها ، أذينات ورقية ، محاليق ، أشواك ، أو تلتحم معا في هيئة غمد يحيط بالساق .

Stoma

ثغر ، يتركب من فتحة طولية تحيط بها خليتين حارستين ، يوجد في الأعضاء الهوائية الخضراء .

Stone fruit

ثمرة حجرية مثل الثمرة الحسلة *Drupe* غلافها الداخلي الثمرى خشبي ، الوسطى لحمى ، الخارجي جلدى ، ذات بذرة وحدة .

Storied cambium "Stratified"

كامبيوم طبقي ، وعائي ، يترتب فيه البدايات المغزلية في طبقات أفقية ، كما يشاهد في القطاعات المماسية ، أطراف الخلايا تكاد تكون في مستوى واحد .

Striate

مخطط أو محزز ، به بروزات طولية .

Stroma, matrix

حشوة في البلاستيدات الخضراء ، حيث ترقد فيها الجرانا *Grana* والأغشية الموصلة بينها . الجرانا هي التراكيب الغشائية الحاملة للكلوروفيل . تحاط الحشوة والجرانا بغشاء البلاستيدة المزدوج .

Style

القلم في الكربلة ، يصل المبيض بالميسم .

Stylopodium

قرص غدى، يوجد عند قمة المبيض حول قاعدة القلم كما في العائلة الخيمية ينمو منه قلمان صغيران .

Suberization

عملية التسوبر، ترسيب السوبرين في جدر الخلايا .

Subherbaceous

عشبى، نبات، يصبح متخشبا بتقدم النمو.

Submarginal initials

البدايات تحت الحافية في الورقة النامية، توجد تحت مرستيم البشرة، تسهم في تكوين الأنسجة الداخلية في الورقة .

Subpetiolar

تحت عنق الورقة ذات القاعدة المتسعة، تحيط بالبرعم الإبطى كما في العائلة *Platanaceae*.

Subsidiary cells

خلايا مساعدة حول الثغر، تختلف مورفولوجيا عن بقية خلايا البشرة .

Subulate

نصل يشبه السهم يضيق تدريجيا تجاه القمة .

Succlent

طرى، لحمى، عصيرى.

Suffrutescent

نبات شجيرى صغير، خشبى عند القاعدة، وعشبى في جزئه العلوى.

Sulcate

سطح به تجاويف طولية .

Super ovary

مبيض علوى، غير مرتبط بالكأس أو الغلاف الزهرى.

Suture

درز، تجويف أو خط طولى يوضح التحاما طبيعيا .

Syconium

ثمرة تينية، مركبة، جزؤها الرئيسى من الشمراخ الزهرى (اللحمى)، توجد الثميرات على السطح الداخلى وهى حسلات صغيرة *Drupelets* تحتوى على بذرة واحدة .

Symmetrical flower

زهرة منتظمة، محيطاتها الزهرية متماثلة العدد في كل سوار، كما تتماثل أجزاء كل محيط في الشكل والحجم.

Sympetalous
زهرة، البتلات فيها ملتحمة.

Syncarpous
متاع زهرة الكرابل فيها ملتحمة، كرابل منفصلة *Apocarpous*.

Syngenesious
أسدية ملتحمة المتوك مكونة تركيبا إنبوبيا يحيط بالمتاع.

Synsepalous
كأس زهرة، السبلات فيه ملتحمة من حوافها، على الأقل قاعديا.

Tangential division
إنقسام مماسي، موازي للمحور، أي عمودي على نصف القطر.

Tapetum
الطبقة المغذية في جدار المتك، الداخلية، تحيط بكيس حبوب اللقاح الآخذة في التكوين، تمدها بالغذاء، وينشأ منها مادة *Sporopollinin* التي تدخل في تكوين الجدار الخارجي لحبة اللقاح. صف واحد من خلايا غنية بالمحتويات، تحتوى الخلية على نواة أو أكثر، الجدر رقيقة. قد تبقى حتى نضج حبوب اللقاح في بعض مغطاة البذور، وكثيرا ماتحطمت جدر خلاياها وتأخذ شكل بلازموديوم *Plasmodium* يحيط بحبوب اللقاح حيث يقوم بتغذيتها وبناء جدرها، وأخيرا يتلاشى.

Tap root
الجذر الوتدى، ينشأ عن الجذير.

Tendril
محلاق، تركيب رفيع يستخدمه النبات في التسلق، قد يكون عضوا متحورا مثل الورقة أو الوريقة، الأذينة، البرعم الخضرى، وأحيانا عنق الورقة أو عرقها الوسطى. يستخدم هذا المصطلح أحيانا، في حالة الجذور التسلقية فيسمى *Root tendrils* مثل الفانيليا. أحيانا يكون المحلاق متفرعا.

Tepal
تبلة، أجزاء الغلاف الزهرى غير المتميزة إلى سبلات وبتلات.

Testa
غطاء البذرة؛ القصرة.

Tetrad
مجموعة من أربعة حبوب لقاح.

Tetradynamous
طلع يتركب من ست أسدية، أربعة طويلة الخيوط، واثنان قصيران، مثل العائلة الصليبية.

Tetrahedral
رباعى الجوانب .

Tetrarch root
جذر رباعى حزم الخشب .

Tetramerous
المحيط الزهرى يتركب من أربعة أجزاء .

Thalamous "torus"
تحت الزهـــرة .

Theca
كيس حبوب اللقاح في المتك .

Thorn
شوكـة ، قد تكـون أذينـة متحـورة ، وفي جنس السنط Acacia تكـون الشوكـة مجوفـة ومنتفخـة يـأوى إليهـا النمـل .

Tonoplast
الغشاء البلازمى الذي يحيط بالفجوة العصارية .

Tracheary element
عنصر وعائى ناقل للماء ، الوعاء والقصيبة .

Tracheid
قصيبـة ، وحـدة ناقلة للماء في نسيج الخشب ، خلية واحـدة ذات جدر ثانوية سميكة ملجننـة ، التغليظ فيهـا يكـون حلزونى ، حلقى ، شبكى ، سلمى أو منقر. توجد في نسيج الخشب ، اطرافها تتراكب فوق بعضها .

Transition region
منطقة التحول من التركيب الوعائى للجذر الى التركيب الوعائى للساق .

Transmitting tissue
النسيج الموصل ، الذي تسلكه أنبوبة اللقاح خلال القلم في الكربلة حتى البويضة في المبيض . قد يوجـد على السـطح الـداخلى للمبيض وقـد يصـل حتـى إلـى المشيمـة والحبـل السـرى .

Triarch root
جذر ثلاثى حزم الخشب .

Trichosclereid
اسكلريدة ، خيطية متفرعة ، تمتد أفرعها خلال المسافات البينية .

Tricoplate
حبة لقاح ثلاثية الأخدود .

Tuber
درنـة ، ساق أرضية قصـيرة منتفخـة ، يوجد على سطحها عدد من إنخفاضات صغيرة تسمى العيون Eyes تحتـوى العـين على برعم أو أكثـر سقـطت أوراقهـا الحـرشفية

تاركة ندبا صغيرة . تنشأ الدرنة نتيجة لتضخم الجزء الطرفى لفرع من الساق الرايزوم .

Tubercle

درنة هوائية صغيرة، قد تنشأ عن برعم إبطى هوائى تبقى في أبط الورقة .

Tunic

الغلاف الخارجى الحرشفى للبصلة أو الكورمة .

Tylosis

تيلوزات ، في نسيج الخشب، تراكيب منتفخة توجد بداخل عناصر الأوعية أو القصيبات ، وقد تملىء هذه العناصر كليا أو جزئيا . تنشأ التيلوزة كامتداد من جدار خلية من بارنكيما الأشعة أو البارنكيما المحورية تمر من خلال أغشية النقر الزوجية التي توجد في الجدر بين هذه الخلايا والعناصر الوعائية ، وتصبح نواة الخلية وجزء من سيتوبلازمها بداخل التيلوزة عندما يتوقف أى من العناصر الناقلة للماء عن العمل .

Umbel compound

نورة خيمية مركبة ، غير محدودة النمو، هذا الطراز يعتبر واحدا من الصفات المميزة للعائلة الخيمية . محور النورة الرئيسى يحمل عند قمته عدة أفرع تسمى أشعة Rays تشبه أذرع الشمسية ، كل منها يمثل شمراخ زهرى لنورة خيمية ثانوية Umbellet . محور النورة الثانوية يحمل عدد من ازهار ذات أعناق متساوية في الطول تقريبا تخرج من منطقة واحدة . قنابات النورات الثانوية البسيطة تتجمع عند قواعد الأشعة مكونة مجموعة تسمى قلافة Involucre بينما تتجمع قنابات الأزهار عند قواعد أعناقها تسمى قليفة In-volucel

Uncinate hair شعرة ذات طرف منحنى على شكل خطاف .

Undulate حافة نصل متموجة .

Unifacial leaf ورقة ذات تراكيب متماثلة على السطحين .

Unilocular ovary مبيض به مسكن واحد .

Uniseriate ray شعاع وعائى وحيد الصف من الخلايا .

Unisexual flower

زهرة وحيدة الجنس، طليعة أو متاعية .

Unitegmic

بويضة ذات غلاف واحد .

Urticle

ثمرة كيسية ، صغيرة ، ذات بذرة واحدة عادة غير منفتحة ، الغلاف الثمرى رقيق يشبه المثانة .

Vacuole

فجوة عصارية في الخلية ، تحتوى على عصير خلوى .

Vaginate

محاط بغطاء خارجى .

Vallecular

يدل على تجاويف بين الضلوع الطولية ، في ثمرة العائلة الخيمية ، تسمى أيضا Inter-costal spaces.

Valvate

إنفتاح مصراعى ، أى بواسطة مصاريع أو صمامات Valves وهى أجزاء تنفصل عن الجدار الخارجى جزئيا مثل ثمرة الداتورة عند إنفتاحها . كما يستخدم أيضا هذا المصطلح ليدل على تجاور أجزاء الغلاف الزهرى في البرعم الزهرى دون أن تتراكب .

Vascular bundle

حزمة وعائية في الساق أو الورقة أو الزهرة ، ومن انواع الحزم الوعائية : (١) حزمة جانبية من خشب ولحاء ، (٢) حزمة جانبية مفتوحة من خشب ولحاء بينهما كامبيوم ، (٣) حزمة ذات جانبين Bicollateral تتركب من لحاء خارجى ، كامبيوم ، خشب ، لحاء داخلى ، (٤) حزمة مركزية ومنها (أ) مركزية الخشب ، (ب) مركزية اللحاء .

Vascular cambium

الكامبيوم الوعائى ، مرستيم جانبى ، ينشأ عنه الأنسجة الوعائية الثانوية ، خشب ثانوى ولحاء ثانوى ، الأول الى الداخل والثانى الى الخارج . يحتوى على نوعين من البدايات ، بدايات مغزلية وبدايات الأشعة .

Vascular cylinder

الإسطوانة الوعائية ، الأنسجة الوعائية وما يرتبط بها من نسيج أساسى مثل النخاع في الساق والجذر.

Vascular ray

شعاع وعائى ، من خلايا بارنكيمية ، يمتد في كل من الخشب الثانوى واللحاء الثانوى ، شعاعيا .

Vascular system

الجهاز الوعائى، جميع الأنسجة الوعائية في أعضاء النبات.

Versatile

إتصال مفصلى، اتصال خيط السداه بالمتك في منطقة وسطية ظهريا، يجعل المتك يتحرك في جميع الإتجاهات.

Verticel سوار

Verticillate مرتبة في سوارات Whorls.

Verticillate inflorescence

نورة سوارية، معقـدة التركيب، مركبة، أزهارها جالسة توجد في سوارات حول محور النورة. السوارات متباعدة عن بعضها كما في السالفيا Salvia. المحيط الواحد عبارة عن نورات محدودة النمو Cyme جالسة، متقابلة، تخرج كل منها من إبط قنابة.

Vesicle حويصلة، تركيب في هيئة كيس ممتلىء بالهواء.

Vessel

وعاء، في خشب مغطاة البذور، يتركب من وحدات تسمى عناصر الوعاء Vessel elements مرتبة طوليا في شكل أنبوبة، الجدر الطرفية بين هذه العناصر تكون مثقبة في طرز مختلفة. الجدر ثانوية سميكة ملجننة، التغليظ قد يكون حلزونى، حلقى، شبكى، سلمى أو بالنقر. عناصر عديمة البروتوبلاست.

Vestigal

أثرى، جزء أو عضو ضئيل بسيط التركيب. لا يقوم بوظيفة نظيره العادى.

Vittae

قنوات زيت، توجد في التجاويف بين ضلوع الثمرة في العائلة الخيمية.

Vexillum "banner" البتلة العليا في تويج العائلة الفراشية تسمى العلم

Viscid لزج، لاصق

Voluble ملتف.

Water vesicle

حوصلة مائية، نوع من زوائد البشرة في هيئة كيس أو مثانة، خلية واحدة، ممتلئة بالماء.

Whorl

محيط أو سوار، يتركب من ثلاث أوراق خضرية أو زهرية على الأقل في هيئة حلقة.

Wing

جناح، إمتداد نسيجى، جاف ورقيق لعضو من أعضاء النبات، مثل الثمرة الجناحية في الأسفندان وأبو المكارم. يطلق أيضا مصطلح جناع إلى البتلتين الجانبيتين لتويج العائلة الفراشية.

Wound periderm

البريدرم الجرحى، نسيج واق ينشأ إستجابة لحدوث جروح في الساق يؤدى الى وقاية الأنسجة الداخلية في منطقة الجرح. يحدث تسوبر وتلجنن لخلايا السطوح المجروحة، كما يغلق السطح المجروح بمواد شمعية مثل السوبرين. تؤدى هذه التغيرات الى تنشيط الإنقسام الخلوى في منطقة الجرح فيتكون فلين تحت منطقة الجرح. الخلايا التالفة الناتجة عن الجرح تصبح خارج منطقة الفلين.

Xerophyte plant

نبات صحراوى لديه القدرة على مقاومة الجفاف، لإحتواء جسمه على تركيب مورفولوجى يتميز عن غيره من نباتات البيئات متوسطة الرطوبة، يتضمن إمتصاص الماء وتخزينه والإقلال من فقده فضلا عن تركيب خارجى وآخر خلوى يتضمن إحتواء خلاياه على مواد قابضة أو سامة.

Xylem fibers

ألياف الخشب، يوجد طرازان من الألياف في الخشب الثانوى: ١) القصيبات الليفية Fiber tracheids، ٢) ألياف الخشب اللحائية. قد يكون كل من النوعين مقسم بحواجز عرضية فتسمى ألياف مجزأة Septate fibers. هذه الأخيرة تحتفظ بالبروتوبلاست في الخشب الرخو وتقوم بإختزان مواد متنوعة مثل النشا والزيوت. النقر في ألياف الخشب اللحائية تكون غالبا بسيطة بينما تكون مضفوفة مختزلة التركيب في القصيبات الليفية. ألياف الخشب اللحائية أكثر طولا وجدرها أكثر سمكا من القصيبات الليفية.

Xylem initial

بداية خلوية للخشب، توجد في الكامبيوم الوعائى، وهى خلية مرستيمية تنقسم بضع مرات يتكشف عنها عناصر نسيج الخشب.

Zygomorphic

زهرة وحيدة التناظر، لا يمكن تقسيمها الى نصفين متناظرين إلا في مستوى واحد فقط على إمتداد خط واحد من الأمام الى الخلف Anterior-posterior line. وعادة ينتج ذلك

عن عدم تماثـل النمـو في أجزاء محيط أو أكثر كما في تويج العائلة الفراشية ، أو التحام بعض الأوراق الزهرية المتجاورة لتكوين شفتين كما في العائلة الشفوية او تكوين تراكيب خاصة من بعض الأجزاء أو إختزال يحدث في أجزاء محيط مثل المتاع ، أو تكون الكرابل مائلة كما في العائلة الباذنجانية .

Zygote

اللاقحة ، بداية تكوين الجنين ، تنشأ من إتحاد البيضة مع المشيجة المذكرة في المجموعة الكروموسومية ، يكون عرضيا ، وقد يكون طوليا .

المراجـــع

REFERENCES

أ ــ المراجع العربيــة Arabic References

- الحديدي، مصطفى ؛ هلالي، محمد نصر وعرفة، عرفة (١٩٨٣م) المملكة النباتية ـ جامعة المنصورة ـ مصر.
- الحديدي، مصطفى ؛ هلالى، محمد نصر وعرفه، عرفة (١٩٨٤) النبات الاقتصادي ـ جامعة المنصورة ـ مصر
- الحـديدي، مصـطفى ؛ هلالي، محمـد نصر وعـرفـه، عرفـه (١٩٨٦) مورفولوجيا النباتات الزهرية ـ جامعة المنصورة ـ مصر
- الخياط، جعفر ومهدى، عبد العزيز (١٩٦٥) علم النبات ـ بغداد ـ العراق.
- السحار ، قاسم فؤاد (١٩٨٣) تصنيف النباتات الزهرية ـ مصر بالفجالة ـ مصر
- الراوى، على (١٩٦٦) النباتات السامة في العراق ـ حكومة بغداد ـ العراق
- بولد، هارولد (١٩٥٧) مورفولوجيا النباتات ـ الترجمة العربية ـ مصر
- بولـــز، لورنس وبيفيان، أ (١٩٣٦) المعجم المصـــور لأســـماء النبـاتـات ـ مصر.
- شودرى، شوكت علي (١٩٨٩) الحشائش في المملكة العربية السعودية ـ وزارة الزراعة والمياه ـ المملكة العربية السعودية.
- هلالي، محمد نصر والهواوى، عبد الرحمن (١٩٩٣) أنماط الكائنات الحية ـ الحرس الوطني ـ المملكة العربية السعودية (تحت النشر).

ب ـ المراجع الأجنبية Foreign References

Bernard, S. Meyer and Bojning, R. H. (1966) Introdution to plant physiology. D. Van Nostrand Comp., Ic., New Jersey.

Boulos, L and El-Hadidi, M. N. (1966). Common weeds in Egypt. Dar El-Maaref, Cairo.

Boyd, L. and Avery, G. S. (1936). Grass seedling anatomy. The first internode of Avena and Triticum. Bot. Gaz. vol. 97.

Braun, H. J. (1982). Lehrbuch der forstbotanik. G. Fischer Verlag, stuggart.

Braune, W., A. Leman and Taubert, H. (1983). Pflanzenanatiomisches Praktikum I. G. Fischer Verlag, Stuggart.

Cobley, L. S. (1976). An Introduction to the Botany of Tropical crops. Longman., 2nd Ed., London.

Core, L. E. (1955). Plant Taxanomy. Englewood Cliffs, N. J. Prentice-Hall, Inc., USA.

Dahlgren, G. (1987). Systematishche Botanik. Springer Verlag, Berlin.

Eames, A. J. (1961). Morphology of the Angiosperms Tata Mc. Graw-Hill Pub. Comp. Ltd., Bombay, New Dehli.

Eames, A. J. and Mac Daniels. L. H. (1947). An Introduction to plant Anatomy. Mc Graw-Hill book Comp. Inc., New York. London.

El-Hadidi, M.S. (1953). Ph. D. Thesis. The structure and development of the oat plant. Col. Sci. Aberdeen Univ., Scotland.

Esau, K. (1965). Anatomy of seed plants. 2nd Ed. John Wiley and Sons, New York.

Fahn, A. (1977). Plant Anatomy second edition, Pergamon Press Oxford, Frankfurt.

Foster, A. (1954). The shoot apex in Angiosperms Bot. Rev. Vol. 20.

Foster, A. S. (1965). Practical Plant Anatomy. D. Ivan Nostrand Comp., Inc., London.

Frohne, D. and Jensen, U. (1985). Systematik des pflanzenreichs. G., Fischer Verlag, Stuggart.

Hahlbrock, K. and Griseback, H. (1979) Enzyme control in the biosynthesis of lignin and flavonoids. Ann. Rev. plant physiology vol. 30.

Hayward, H. E. (1951). The structure of Economic plants. The Macmillan Comp., New York.

Hector, J. M. (1936). Introduction to the Botany of field crops. Vol. I Cereals. Cent. News Agency, Ltd., Johanesberg, S. Africa.

Helali, M. N. M (1972). Effects of Salinity on gremination, growth and chemical composition of Egyptian henbane (Hyoscyamus muticus, L). M.

Sc.Thesis, Faculty of Agric. Cairo Univ, Egypt.

Helali, M. N. M (1977). Some physiological studies on salt tolerance of Egyptian henbane; Hyoscyamus muticus, L. plants. Ph. D. Thesis, Faculty of Agric. Cairo Univ., Egypt.

Helali, M. N. M (1984) Effects of Salinity on the chloroplast ultrastructure and photosynthetis activity in horse bean plants. J. Agric. Sei Mansoura Univ; Egypt.

Jansen. W. A. and Kavaljias, L. (1963). Plant biology today. Wadsworth Pub. Comp., Inc., Belmont, California.

Johansen, D. A. (1950). Plant Embryology Waltham Mass.

Knut, F. and Iversen, J. (1975). Textbook of pollen analysis. Hafner Press - New York.

Kozlowski, T. T. (1973). Shedding of plant parts. Acad. Press, New York, London.

Kutschera, L. and Lichtenegger, E. (1982) Wurzelatlas. Band I Monocotyledoneae. G. Fisher Verlag, Stuggart.

Laurence, G. H. M. (1978). Taxonomy of vascular plants, Oxford and Ibh Publ. Co. Bombay, Calcutta, New Dehli.

Maheshwary, P. (1949). The male gametophyte of Angiosperms. Bot. Rev. 15: 1-75.

Maheshwary, P. (1950). An Introduction to the Embryology of Angiosperms, New York.

Malik. C. P. (1979). Current advances in Plant Reproductive Biology. Kalyani Pub., New Dehli, Ludhiana.

Martin, J. T. and Juniper, B. E. (1970). The cuticles of plants. St. Martins Press, New York.

Mascarehnas, J. P. (1975). The biochemistry of Angiosperm Pollen development. Bot. Rev. 41 (3)

Metcalfe, C. R. and Chalk, L. (1979). Anatomy of the dicotyledons. 2nd Ed. Vol. I Clarendon Press, Oxford.

Metcalfe, C. R. and Chalk L. (1983). Anatomy of the dicotyledons. 2nd Ed. Vol. II. Oxford, Clarendon Press.

Meyer, B. S. and Anderson, D. B. (1948). Plant Physiology. A text book for colleges and universities. D. Van Nostrand Comp., Inc. London.

Reid, E. (1979). Plant Organelles. John Wiley and Sons., New York.

Rendle, A. B. (1967). The classification of flowering plants. Cambridge Univ. Press, Cambridge. Vol. I. Monocotyledons.

Rendle, A. B. (1967). The classification of flowering plants. Vol. 2. Dicotyledons.

Sargant, E. and Robertson, A. (1905). The anatomy of the scutellum in Zea mays. Ann. Bot Vol. 19.

Smith, G. M. (1953). A textbook of general Botany. Mc. Millan Comp. Ltd., New York.

Stanley, R. G. and Linskens, H .F. (1974). Pollen Biology, Biochemistry and Management. Springer Verlag, Berlin.

Venkateswarlu, V. (1970). Angiosperms. S. Chand and Comp. (Pot.) Ltd. Ram Nagar, New Dehli-55.

Weaver, J. E. (1926). Root development of field crops. Mac. G. Hill, New York.

هذا الكتاب

علم شكل النبات وتركيبه Plant Morphology هو أحد العلوم الرئيسية لعلوم النبات، ويعد هذا العلم الأساس الذي ترتكز عليه علوم النبات الأخرى، ولهذا يجب أن يلم بأساسياته كل متخصص في أى من هذه العلوم والمشتغلين في مجالاتها، ويختص علم شكل النبات وتركيبه بدراسة الوصف الخارجي والتركيب الداخلي للنباتات، ومعرفة التشابه والاختلاف في التركيب والنشأة، كما يشمل دراسة دورة الحياة في النباتات وما يحدث خلالها من تغيرات أو تكوينات.

ولقد أعد هذا الكتاب لطلاب المرحلة الجامعية الأولى وطلاب الدراسات العليا في علوم النباتات التطبيقية مثل المحاصيل والبساتين والغابات وأمراض النبات وتربية النبات ليكون مرجعا لهم في مجال مورفولوجيا النباتات مغطاة البذور، حيث يتضمن هذا الكتاب عرضا متكاملا لمورفولوجيا النباتات مغطاة البذور، شاملا لأربعة مجالات رئيسية احتوت على (١٨) فصلا وهي :

١ ـ دراسة دقيقة عن نشأة البذور والتركيب المورفولوجي لعدد منها ذات أهمية إقتصادية، وبعض التغيرات التي تحدث فيها خلال مراحل تكوينها، بالاضافة إلى إنباتها. كما يشمل هذا المجال الوصف المورفولوجي للجذور والسيقان والأوراق والتحورات التي تحدث فيها.

٢ ـ دراسة شاملة عن تركيب الخلية النباتية، وأنواع الأنسجة المختلفة التي يتركب منها كل عضو في النبات، بالاضافة الى دراسة شاملة للمرستيمات في مغطاة البذور والنظريات الحديثة المرتبطة بها.

٣ ـ دراسة التركيب الداخلي لأعضاء النبات والنمو الثانوى الذي يحدث في بعض هذه الأعضاء، بالاضافة إلى العلاقة بين تركيب النباتات مغطاة البذور والماء الذي يمثل أهم عوامل التربة تأثيرا في الشكل الظاهرى والاستجابة التشريحية لأعضائها الخضرية.

٤ ـ دراسة وافية للزهرة شاملا التركيب المورفولوجي لأجزائها الزهرية المختلفة ومكوناتها، وبصفة خاصة تراكيبها التكاثرية والصور التي توجد عليها من زهرة الى أخرى.

وتمثل الرسوم والصور التوضيحية جزءا هاما في هذا الكتاب، بهدف زيادة ا لمحتوياته، كما أضيف إليه فصل خاص يوضح تفسيرات للمصطلحات العلمية التي غيرها لتكون بمثابة إضافة علمية مختصرة وميسورة.



